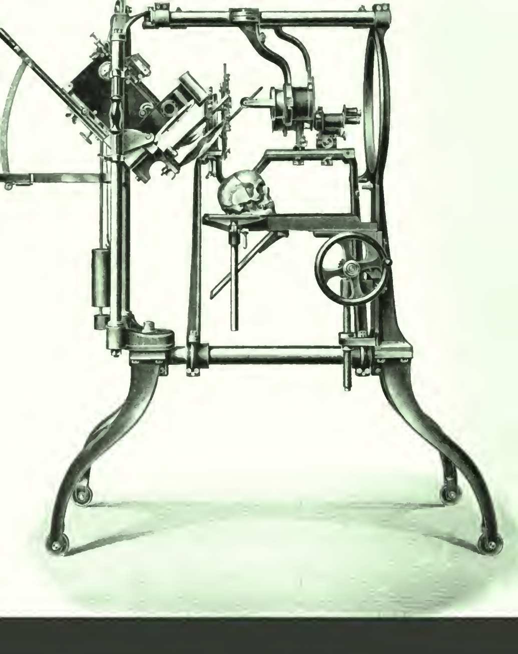


Lehrbuch der Projektion

Richard Neuhauss


UNIVERSITY OF WISCONSIN
LIBRARY



LEHRBUCH

DER

PROJEKTION

VON

DR. R. NEUHAUSS

MIT 71 ABBILDUNGEN

ZWEITE UMGEARBEITETE AUFLAGE

HALLE A. S
DRUCK UND VERLAG VON WILHELM KNAPP
1908

Vorwort zur ersten Auflage.

Die Zahl der Bücher, welche die Projektion zum Gegenstande haben, ist nicht gering; aber kaum irgendwo macht sich der Mangel an Gründlichkeit und Sachkenntnis so bemerkbar, wie auf diesem Gebiete. Die meisten Anleitungen zum Projizieren sind lediglich Reklameschriften für einzelne Apparate oder für die Erzeugnisse einer bestimmten Firma. Noch niemals wurde der Versuch unternommen, das Gesamtgebiet der Projektion zu bearbeiten und das vorhandene Material kritisch zu sichten. Aus diesem Grunde finden wir die alten Irrtümer in jeder neu erscheinenden „Anleitung" von neuem aufgetischt.

Wenn Unterzeichneter den Versuch machte, einen Überblick über alles zu geben, was bisher über Projektionskunst veröffentlicht wurde, und sowohl rechnerisch wie experimentell zu prüfen, welche Apparate und Methoden die brauchbarsten Resultate liefern, so war er sich wohl bewußt, daß hier eine ungemein schwierige Aufgabe vorliegt, deren zufriedenstellende Lösung vielleicht erst ermöglicht wird, wenn man umfassende Vorarbeiten dieser Art ausnutzen kann.

Was die Formeln und Berechnungen anbelangt, welche in einem Buche, wie dem vorliegenden, unerläßlich sind, so beschränkte Verfasser sich auf das Notwendigste und gab, wenn irgend möglich, nur solche Formeln, die auch jedem verständlich sind, der eingehende mathematische Kenntnisse nicht besitzt.

Der erste Abschnitt behandelt die einzelnen Teile des Projektionsapparates und die Wechselbeziehungen zwischen diesen Teilen. Im zweiten Abschnitt werden die besonderen Zwecken dienenden Apparate und Methoden besprochen (stereoskopische Projektion; Projektion von Bildern, die nach den verschiedenen Farbenverfahren hergestellt sind; Projektion von Reihenbildern, von mikroskopischen Präparaten u. s. w.). Manches aus diesem Abschnitt ist überhaupt noch nirgends veröffentlicht; anderes, wie z. B. das Material über stereoskopische Projektion, mußte aus den entlegensten Winkeln zusammengetragen werden.

Der dritte Abschnitt enthält allgemeine, bei der Projektion zu befolgende Regeln.

Für die freundliche Unterstützung, welche sie dem Werke angedeihen ließen, ist Unterzeichneter zu besonderem Danke verpflichtet Herrn Professor Dr. Kriegar-Menzel, Privatdozent der Physik an der Universität zu Berlin, und den wissenschaftlichen Mitarbeitern der Firma Carl Zeiß in Jena. Ohne die Beihilfe genannter Herren bei Beantwortung verschiedener, wichtiger Fragen würden die Erörterungen in vorliegendem Buche nicht auf der sicheren Grundlage stehen, auf der sie nunmehr aufgebaut sind.

Großlichterfelde bei Berlin,
August 1901.

Dr. R Neuhauß.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die zweite Auflage erfuhr in allen Teilen erhebliche Umänderungen und Erweiterungen. Während in der Anordnung des Stoffes nichts geändert wurde, erwies es sich als notwendig, beinahe auf jeder Seite die Feile anzulegen, manches zu streichen, vieles neu einzuschieben. Auch eine nicht unbeträchtliche Anzahl der Abbildungen ist neu.

In noch höherem Maße, wie in der ersten Auflage, sind die entbehrlichen Fremdworte durch deutsche Worte ersetzt. So wurde an Stelle von „Projektionsapparat" durchweg „Bildwerfer" geschrieben. Leider fehlen uns noch für viele Fremdworte kurze deutsche Bezeichnungen, welche Aussicht haben würden, sich einzubürgern.

Großlichterfelde bei Berlin,
September 1907.

Dr. R. Neuhauß.

Inhalt.

I. Teil.

Der Bildwerfer mit Zubehör.

Geschichte.

Das Gehäuse.

Die Beleuchtungslinsen.

Die Kühlkammer.

Der Bildhalter.

Das Projektionsobjektiv und die Wechselbeziehungen zwischen Objektiv und Kondensor.

III. Teil.

Allgemeine Regeln.

I. Teil.

Der Bildwerfer mit Zubehör.

Geschichte.

Erfinder des Bildwerfers — oder, wie man auch sagt, des Projektionsapparates, der Laterna magica oder des Skioptikons — ist wahrscheinlich der im Jahre 1601 zu Geisa bei Fulda geborene, gelehrte Jesuitenpater Athanasius Kircher. Sein Werk „Ars magna lucis et umbrae", welches

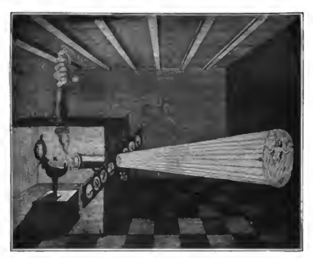


Fig. 1.

im Jahre 1646 in Rom und als zweite Auflage im Jahre 1671 in Amsterdam erschien, enthält in der zweiten Auflage auf Seite 768 eine Beschreibung nebst zwei Abbildungen der „Lucerna magica seu Thaumaturga". Von denselben, die nur in nebensächlichen Punkten voneinander abweichen, ist die eine in Fig. 1 wiedergegeben. Die mit Reflektor versehene Lampe wird im Innern eines Kastens aufgestellt, welcher den Zweck hat, störendes Nebenlicht vom Zuschauerraume fernzuhalten. Zwischen Lampe und Bild befindet sich ein Tubus, welcher bei *J* (nahe der Flamme) mit einer Sammellinse ver-

sehen ist. Auffallenderweise enthält die Vorrichtung keine, das Bild projizierende Linse; man kann mit diesem Apparat auf der weißen Wand also im günstigsten Falle nur ganz verschwommene Bilder erhalten. Noch ein anderer Umstand bleibt merkwürdig: Kircher betont ausdrücklich, daß das Glasbild verkehrt einzusetzen sei. Dies weist mit Sicherheit darauf hin, daß er bei der Projektion eine bildumkehrende Linse (Projektionsobjektiv) verwendete. In Fig. 1 sind nun aber die Glasbilder in aufrechter Stellung gezeichnet, so wie die Anordnung sein muß, wenn man ohne Projektionsobjektiv, nur mit der Kondensorlinse, das Bild auf die Wand wirft. Diese Widersprüche lassen sich schwer erklären.

Claude François Milliet Dechales berichtet in seinem Werke „Mundus mathematicus" (2. Auflage, 1690, Bd. 3, S. 693), daß ihm schon im Jahre 1665, also sechs Jahre vor dem Erscheinen der zweiten Auflage des Kircherschen Werkes, ein gelehrter Däne zu Lyon eine mit zwei Konvexgläsern versehene Laterna magica vorgeführt habe. Dechales gibt auch eine robe Skizze dieses Apparates, aus welcher hervorgeht, daß das Bild ohne Zwischenschaltung einer Beleuchtungslinse vor einer mit Reflektor versehenen Flamme aufgestellt wurde. Das Projektionsobjektiv bestand aus zwei Bikonvexlinsen. Infolge Fehlens der Beleuchtungslinsen müssen die mit der Vorrichtung erzielten Ergebnisse mehr als dürftig gewesen sein.

Der „berühmte Däne" war zweifellos der dänische Physiker Thomas Walgenstein, von dem schon Kircher in seiner oben erwähnten „Ars magna" erzählt, daß er die Laterna magica verbessert und mehrere Exemplare davon mit großem Nutzen an italienische Fürstenhöfe verkauft habe.

Auf Grund der Angaben von Dechales will Reinhardt[1]) die Priorität der Erfindung des Bildwerfers dem Mathematiker Thomas Walgenstein zusprechen. Er übersieht dabei, daß Georgius de Sepibus[2]) in einer Beschreibung des Kircherschen Museums sagt, daß Kircher schon lange vor der im Jahre 1671 erfolgten, gedruckten Beschreibung seine Laterna magica demonstriert habe, und daß infolgedessen verschiedene Männer auftraten, welche die Erfindung dieses Apparates sich selbst zuschrieben.

Wahrscheinlich liegen die Verhältnisse folgendermaßen: Kircher gab die erste Anregung zum Bau der Laterna magica. Letztere war aber so unvollkommen (Fig. 1), daß sie sich nicht einbürgern konnte. Sein Kollege Walgenstein (auch Kircher war Professor der Mathematik) bekam auf irgend eine Weise Kenntnis von dem Apparat und verbesserte ihn so weit, daß er praktisch benutzbar wurde.

Eine von Kircher herrührende Laterna magica wird im Museo Kircheriano im Collegio Romano zu Rom aufbewahrt; doch beweist dieselbe nichts für die Prioritätsansprüche von Kircher, da ihre Entstehung möglicherweise in eine Zeit fällt, wo die von Walgenstein eingeführte Konstruktion Kircher schon bekannt war.

1) Prometheus 1904, Nr. 748, S. 314.
2) Romani collegii societatis Jesu Museum celeberrimum. Amstelodami 1678.

In den folgenden hundert Jahren blieb die Laterna magica im wesentlichen eine Spielerei und wurde weder erheblich verbessert, noch zu ernsten Zwecken verwendet. Erst der in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts wirkende Physiker Leonhard Euler versuchte, den Apparat zu wissenschaftlichen Vorführungen zu benutzen. Am Ende des 18. Jahrhunderts veranstaltete Robertson zu Paris im Pavillon de l'Échiquier und im Kloster der Kapuziner am Vendômeplatz mit Hilfe der Laterna magica Vorstellungen von Geistererscheinungen und ähnlichen Dingen, welche auf die große Menge gewaltige Anziehungskraft ausübten [1]). Robertson verbesserte die Lampe und die Linsen.

Childe in London führte Anfang des 19. Jahrhunderts die Doppelapparate ein; er ist also der Vater der Nebelbilderapparate [2]).

Erst die außerordentlichen Verbesserungen der Lichtquellen: die Einführung des Kalklichtes und des elektrischen Bogenlichtes, vor allem aber die Fortschritte auf dem Gebiete der Photographie, machten aus der unscheinbaren Laterna magica den jetzt tief in das wissenschaftliche und gesellschaftliche Leben eingreifenden Bildwerfer. Dancer in Manchester war der erste, der photographisch hergestellte Glasbilder in der Laterne benutzte.

Das Gehäuse.

Indem wir zur Besprechung der einzelnen Teile des Bildwerfers übergehen, wollen wir uns zunächst dem Gehäuse zuwenden, welches die Lichtquelle umschließt und gleichzeitig die Sammellinsen, den Bildhalter, das Projektionsobjektiv u. s. w. trägt.

Die einfachste Form des Bildwerfers finden wir in Fig. 2 dargestellt: Auf eine Öllampe wird statt der Glasglocke eine aus geschwärztem Blech gefertigte Kugel *H* mit Blechzylinder *R* aufgesetzt, welche an einer Seite einen Hohlspiegel *S*, an der gegenüberliegenden ein Linsensystem *L* trägt. Apparate dieser Art gehören der Vergangenheit an oder fristen als Kinderspielzeug ein mehr als bescheidenes Dasein.

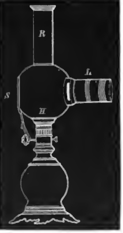


Fig. 2.

Die Fig. 3 u. 4 veranschaulichen gegenwärtig gangbare Formen. Bei Fig. 3 ist der Schornstein abgenommen und neben den Apparat gestellt. Es würde einen dicken Band füllen, wollten wir all die verschiedenen Abarten der Gehäuse, für welche die wunderbarsten Namen erfunden sind, im Bilde vorführen. Bei den verschiedenen Namen und

1) Ami des lois. Paris 1796 bis 1800. Robertson. Mémoires récréatifs, scientifiques et anecdotiques. Paris 1831.

2) Laterna magica 1899, Nr. 57, S. 6.

Konstruktionen kommt es im wesentlichen immer auf dieselbe Sache hinaus. Fig. 3 ist für bescheidene Ansprüche berechnet, während das in Fig. 4 dargestellte Modell aus der Werkstatt von R. Winkel in Göttingen bei gesteigerter Leistungsfähigkeit einen erheblicheren Kostenaufwand benötigt.

Das Gehäuse sei aus starkem Metallblech gefertigt; der Boden kann, um dem Ganzen größere Festigkeit zu verleihen, ohne das Gewicht allzusehr zu erhöhen, aus einem Holzbrett, welches mit Eisenblech überzogen ist, bestehen. Da sowohl bei Benutzung von Kalklicht, als auch von elektrischem Bogenlicht häufig glühende Teilchen von dem Leuchtkörper abspringen und zu Boden fallen, ist ein Blechüberzug über dem Holz nötig. Das Innere der Seitenwände des Kastens wird mit Asbestpappe bekleidet, um allzu starker Erhitzung der Wände vorzubeugen. Sind auch die Seitenwände aus Holz gefertigt, so müssen dieselben inwendig zuerst mit Blech und dann mit Asbest überzogen sein, um bei Benutzung von Kalklicht oder elektrischem Bogenlicht gefährliche Erhitzung des Holzes zu vermeiden.

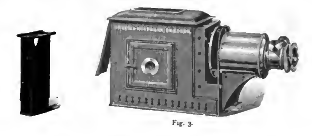


Fig. 3.

Das Grundbrett des Gehäuses hat weniger durch Erhitzung zu leiden, als die Seitenwände.

Der vor dem eigentlichen Gehäuse befindliche Vorbau, welcher die Verbindung der Beleuchtungslinsen mit dem Projektionsobjektiv herstellt, darf ungeschützte Holzteile enthalten, weil hier erhebliche Erwärmung nicht mehr stattfindet.

Viel gesündigt beim Bau von Bildwerfern wird darin, daß man das für die Aufnahme der Lampe bestimmte Gehäuse zu klein macht. Infolgedessen tritt bald so furchtbare Erhitzung ein, daß die Beleuchtungslinsen springen und der den Apparat Bedienende kaum eine Projektion übersteht, ohne einige Brandblasen an den Fingern davonzutragen. Ist Beschränkung des Raumes wenigstens bei Apparaten, die viel transportiert werden, wünschenswert, so dürfen doch gewisse Grenzen nicht überschritten werden. Bei Apparaten, die auch für Kalklicht und elektrisches Bogenlicht verwendet werden, ist es zweckmäßig, daß der innere Raum des Gehäuses mindestens folgende Ausmessungen hat: Länge 30 cm, Breite 20 cm, Höhe 25 cm.

Um Überhitzung zu vermeiden und einem Springen der Linsen vorzubeugen, ist für ausreichende Ventilation des Gehäuses Sorge zu tragen. Hierzu gehört in erster Linie eine genügend große Öffnung an der Decke

des Gehäuses. Bei Benutzung von Petroleumlicht muß ein hoher, mit Regulierung des Luftzuges versehener Schornstein aufgesetzt werden, weil sonst die Lampe nicht mit bester Helligkeit brennt. Verwendet man Kalklicht oder elektrisches Bogenlicht, so genügt ein kurzer Schornstein. Stets ist dafür zu sorgen, daß durch die Ventilationsöffnungen kein Licht nach außen gelangt. Die in Fig. 3 sichtbaren, seitlich angebrachten Öffnungen sind daher durch ein im Innern des Gehäuses vorgenietetes Blech derart zu überdecken, daß zwar die Luft frei hindurchstreichen, Licht jedoch nicht nach außen fallen kann. Sehr wichtig bleibt, daß auch im Boden des Gehäuses einige Löcher angebracht sind, damit die Luft von unten nach oben zieht. Insbesondere müssen am vorderen Teile des Gehäuses, dort, wo die Beleuchtungslinsen eingesetzt sind, einige Löcher im Boden sich befinden, damit ein kühler Luftstrom vor den Glaslinsen vorüberstreicht. Soll der Apparat für Kalklicht oder gar elektrisches Bogenlicht verwendet werden, wo die Wärme-Entwicklung außerordentlich groß ist, so zerlegt man das Gehäuse in zwei getrennte Kammern: eine große, annähernd quadratische, in der sich die Lampe befindet, und eine nur 2 bis 3 cm breite, die lediglich einen Schutzraum für die Beleuchtungslinsen bildet. Im Durchschnitt hat dann das Gehäuse mit den Beleuchtungslinsen *a* die durch Fig. 5 veranschaulichte Form. Die Scheidewand *S* besteht aus Blech und Asbestpappe; sie besitzt in der Mitte einen Ausschnitt, der mit einem Glimmerblatt oder einer Scheibe aus Hartglas *G* verschlossen wird. Dieser Ausschnitt muß so groß gewählt werden, daß die von der Lichtquelle *L* ausgehenden Strahlen frei bis zum Rande der Beleuchtungslinsen *a* gelangen können. Die Einschaltung einer durchsichtigen, feuerfesten Scheibe *G* zwischen Lichtquelle

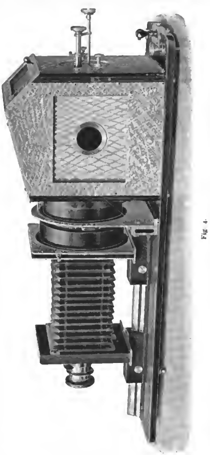


Fig. 4.

und Beleuchtungslinsen ist unter allen Umständen notwendig, wenn man mit Kalklicht oder elektrischem Bogenlicht arbeitet. Wir kommen hierauf bei Besprechung dieser beiden Lichtquellen zurück. Nichts ist also näherliegend, als daß man die Fassung dieser Scheibe dazu benutzt, einen völlig getrennten kleinen Schutzraum, in dem durch Öffnungen *b*, *c* im Boden und in der Decke für besonders reichlichen Luftwechsel gesorgt ist, von dem Hauptraum des Gehäuses abzusondern. Durch die trennende Wand (*S G S*, Fig. 5) wird nur ein kleiner Bruchteil der Wärmestrahlung zurückgehalten; die Hauptwirkung dieser Schutzwand besteht darin, daß sie der glühend heißen Luft, welche sich in nächster Umgebung der Lichtquelle bildet, den Zutritt zu den Beleuchtungslinsen verwehrt.

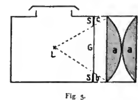


Fig. 5.

Ob man eine Hartglasplatte oder Glimmerplatte bevorzugen soll, läßt sich nicht ohne weiteres entscheiden; beides hat Vorzüge und Nachteile. Die Glimmerplatte kann niemals springen, sie ist jedoch leicht verletzbar und verschluckt infolge ihrer gelbbräunlichen Farbe viel Licht. Überdies ist die Oberfläche wellig; daher liegen auch in Bezug auf den Strahlengang die Verhältnisse ungünstig. Die Hartglasscheibe ist planparallel und durchsichtiger als Glimmer; gelegentlich springt sie jedoch, und zwar nicht wie eine gewöhnliche Glasplatte, sondern in kleine Stücke zersplitternd. Wenn hierdurch auch die Beleuchtungslinsen niemals gefährdet werden, so ist das Umherfliegen der Glassplitter doch unangenehm. Gute Hartglasplatten können jahrelang halten.

Die Haupttür des Gehäuses befindet sich an der Hinterseite. Das ist der bequemste Zugang zur Lichtquelle, und es gelangt verhältnismäßig am wenigsten störendes Licht in den Saal, wenn, wie dies häufig während der Projektion vorkommt, die Tür geöffnet werden muß, um den Brenner in Ordnung zu bringen. Bequem ist es, wenn das Gehäuse auch noch an jeder Seite eine kleine Tür besitzt, um auch von der Seite zum Brenner gelangen zu können (Fig. 3), doch darf bei Reise-Apparaten durch diese Nebentüren nicht die Festigkeit des Gehäuses beeinträchtigt werden. Unerläßlich nötig ist es, daß sich wenigstens in der Mitte der einen Seitenwand (am besten in beiden) ein kleines mit Rauchglas oder mit dunkelblauem Glase verschlossenes und außerdem mit einer undurchsichtigen Klappe zu bedeckendes Loch befindet (Fig. 3 u. 4), welches den Einblick in das Innere zur Lichtquelle hin gestattet, ohne daß man eine Tür zu öffnen braucht. Insbesondere bei Benutzung von elektrischem Bogenlicht ist man häufig genötigt, einen Blick auf den Flammenbogen zu werfen. Das Glas, welches das Fensterchen verschließt, muß so dunkel wie irgend möglich sein, weil sonst das Auge geblendet wird und von der Form der Kohlenspitzen, auf die es ankommt, nichts erkennt.

Häufig ist die hintere Haupttür von mehr oder minder großen Öffnungen durchbrochen, durch welche die Handhaben der Regulierschrauben für Petroleum-, Kalk- und Bogenlicht nach außen gelangen. Diese Öffnungen

lassen viel störendes Licht nach außen treten. In solchen Fällen befestige man an der Oberseite der Tür einen schwarzen Vorhang aus Stoff oder dünnem Leder, welcher das austretende Licht abfängt, ohne der Hand den Zugang zu den Regulierschrauben zu erschweren. Im allgemeinen achte man darauf, alles aus dem Apparate austretende Nebenlicht unschädlich zu machen. Nichts ist bei der Projektion störender als einige vom Apparate kommende, im Saale sich verbreitende Lichtbündel, welche den Zuschauer blenden.

Kommt es, wie bei Reise-Apparaten, auf Raumbeschränkung an, so kann das Metallrohr, welches das Objektiv trägt (zumal wenn man langbrennweitige Objektive benutzt), durch seinen Umfang recht lästig werden. In diesem Falle ist es angebracht, ein Gehäuse zu verwenden, wie es Fig. 6 darstellt: Das Wesentliche hierbei ist, daß sich das Brett *a*, welches das Projektionsobjektiv *P* trägt, in das Grundbrett *b* des eigentlichen Gehäuses hineinschieben läßt. Beim Hineinschieben von *a* in *b* legt sich der Lederbalg *B* zusammen. Schraubt man dann das Objektiv *P* von dem Stirnbrett *c* ab und verpackt es innerhalb des Gehäuses, so kann der ganze Apparat in einem verhältnismäßig kleinen Koffer untergebracht werden.

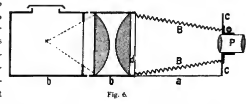


Fig. 6.

Daß bei Apparaten mit großen Beleuchtungslinsen die zum Einstecken der Schieberahmen bestimmte Bildbühne (*d* in Fig. 6) verschiebbar eingerichtet sein muß (siehe Fig. 46), damit man mit demselben Apparat ohne Lichtverluste große und kleine Bilder projizieren kann, davon werden wir in dem Abschnitte über das Glasbild sprechen.

Wir brauchen nicht zu erwähnen, daß man sich einen Projektionsapparat auch aus einem Gehäuse, wie es in Fig. 5 dargestellt ist, in Verbindung mit einer gewöhnlichen photographischen Kamera herrichten kann: Die Kamera wird mit der Kassettenseite unmittelbar an die Beleuchtungslinsen (*a* in Fig. 5) herangeschoben; die Mattscheibe ist abzunehmen und an ihrer Stelle wird ein Rahmen eingesetzt, in welchen der Bildschieber hineinpaßt.

Ob das Gehäuse außen lackiert, poliert, vernickelt oder sonstwie ausgestattet ist, bleibt gleichgültig und spielt nur für den Geldbeutel des Käufers eine Rolle.

Die Beleuchtungslinsen.

Für die an der vorderen Wand des Gehäuses angebrachten Beleuchtungslinsen (*a* in Fig. 5) gebraucht man auch die Bezeichnungen Kondensator, Kondensor, Kondenser. Teils die leidige Sucht, gute deutsche Worte durch Fremdworte zu ersetzen, teils das natürliche Bestreben, langatmige Bezeich-

nungen durch kurze zu verdrängen, gab den letztgenannten Fremdworten weite Verbreitung. „Kondensator" (d. h. Verdichter der Strahlen) ist die dem Lateinischen entlehnte Übersetzung von „Beleuchtungslinsen". Auch dieses Wort behagt wegen seiner Länge dem Volksmunde nicht, und man hat es durch Streichung von zwei Buchstaben auf „Kondensor" zusammenschrumpfen lassen. Vor nicht langer Zeit wurde viel Tinte vergossen, um haarscharf zu beweisen, daß die Bezeichnung „Kondensor" Unsinn sei und daß man dafür „Kondenser" zu schreiben habe — weil das Wort „Kondenser" in England gebräuchlich ist. Lassen wir den Engländern und denjenigen Deutschen, die vor England kriechen, ihren „Kondenser" und schreiben wir nach wie vor „Kondensor", weil dies Wort durch vieljährigen Gebrauch sich bei uns Bürgerrecht erwarb.

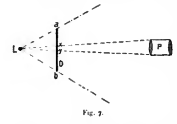


Fig. 7.

Die Notwendigkeit, Beleuchtungslinsen zwischen Lichtquelle und Glasbild (Diapositiv) einzuschieben, ergibt sich aus folgender Betrachtung: *L* (Fig. 7) sei die Lichtquelle, *D* das Glasbild, *P* das Projektionsobjektiv. Die von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen treffen, so weit sie innerhalb des Winkels *a L b* liegen, das Glasbild; aber nur die von dem Winkel *x L y* eingeschlossenen Strahlen treffen das Objektiv. Die Folge davon ist, daß auf dem Projektionsschirm nur der zwischen *x* und *y* liegende Bildabschnitt hell erscheint, während die Abschnitte *a x* und *b y* dunkel bleiben. Jedoch nicht einmal der Bildabschnitt *x y* erscheint auf dem Schirm gleichmäßig hell; vielmehr erblickt man in dem scharfen Bilde ein unscharfes Abbild der Lichtquelle *L*. Es sei schon hier darauf hingewiesen, worauf wir später zurückkommen, daß auch die Bildabschnitte *a x* und *b y* auf dem Schirm nicht völlig dunkel bleiben. Die auf *a x* und *b y* fallenden Lichtstrahlen erfahren nämlich zum Teil Ablenkungen; infolgedessen gelangen von hier Strahlen zum Projektionsobjektiv *P* und werden von demselben auf den Projektionsschirm weiter geleitet. Stets bleibt jedoch die Helligkeit dieser Bildabschnitte hinter der Helligkeit des Abschnittes *x y* außerordentlich weit zurück.

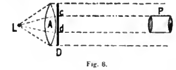


Fig. 8.

Durch Einschaltung einer Beleuchtungslinse ist man im stande, das Glasbild gleichmäßig zu erleuchten. *L* (Fig. 8) sei die punktförmige Lichtquelle, die im Brennpunkte der Beleuchtungslinse *A* steht. Sämtliche Strahlen verlassen also die Beleuchtungslinse parallel, und das Glasbild *D* ist in seiner ganzen Ausdehnung gleichmäßig beleuchtet. Gleichwohl wäre bei dieser Anordnung für das Projektionsbild nicht viel gewonnen, denn zum Projektionsobjektiv gelangen nur die Strahlen, welche zwischen *c* und *d* liegen. Geht man jedoch mit der Lichtquelle *L* (Fig. 9) so weit zurück, daß ihr Abstand von der Beleuchtungslinse *A* gleich der doppelten Brenn-

weite[1]) der letzteren ist, so vereinigen sich die Strahlen in einem Punkte *o*, welcher genau so weit hinter der Beleuchtungslinse liegt, wie die Lichtquelle vor der Beleuchtungslinse steht. Wird nun das Projektionsobjektiv hier aufgestellt, so werden alle Strahlen, die nach ihrem Austritte aus der Linse *A* das Glasbild *D* passieren, von dem Projektionsobjektiv aufgenommen und auf den weißen Schirm weiter befördert. Die Folge davon ist, daß das projizierte Bild in seiner ganzen Ausdehnung gleichmäßig hell erscheint.

Fig. 9.

Gründe, welche sich aus der kugelförmigen Gestalt der Linsenoberflächen ergeben, machen es wünschenswert, die Beleuchtungslinse nicht in der Form anzuwenden, wie sie in Fig. 8 u. 9 dargestellt ist, sondern dieselbe mitten durchzuschneiden, so daß aus einer bikonvexen zwei plankonvexe Linsen entstehen. Letztere werden so aufgestellt, wie es Fig. 10 veranschaulicht, d. h. von den beiden ebenen Flächen ist die eine der Lichtquelle, die andere dem Projektionsobjektiv zugekehrt. Bei dieser Anordnung sind die aus der kugelförmigen Gestalt der Linsenoberfläche sich ergebenden Fehler am geringsten und das von der Lichtquelle kommende Licht wird infolgedessen am besten ausgenutzt. Der Gedanke liegt nahe, um die Ausnutzung des Lichtes auf den höchsten Grad zu steigern, Beleuchtungslinsen zu verwenden, die — wie unsere photographischen Objektive — sphärisch und chromatisch korrigiert sind. Die dadurch gewonnenen Vorteile würden aber nicht annähernd im richtigen Verhältnisse zu dem außerordentlich gesteigerten Preise der Linsen stehen. Ferner kann man, was sehr wichtig ist, einem achromatischen Kondensor keine im Verhältnis zu seiner Öffnung so kurze Brennweite geben, wie einem nicht achromatischen.

1) Die Brennweite der Beleuchtungssysteme (mögen dieselben aus einer, zwei oder drei Linsen bestehen) wird folgendermaßen bestimmt: Durch ein Blatt Kartonpapier sticht man mit einer Nadel zwei Löcher im Abstande von ungefähr 4 cm. Alsdann befestigt man das Kartonpapier in möglichster Nähe einer Flamme (Auer- oder Petroleumlicht) derart, daß beide Löcher hell erleuchtet sind. Nun richtet man nach Abnahme des Projektionsobjektives und des Bildhalters den Bildwerfer derart auf das Kartonpapier, daß sich die beiden Löcher auf einer im Innern des Bildwerfers senkrecht aufgestellten Mattscheibe als leuchtende Punkte abbilden. Durch Verschieben des Bildwerfers und der Mattscheibe muß man nun zu erreichen suchen, daß die leuchtenden Punkte auf der Mattscheibe genau den gleichen gegenseitigen Abstand haben, wie auf dem Kartonpapier. Sobald dies erreicht ist, mißt man den Abstand der Mattscheibe vom Kartonpapier. Diesen Abstand durch 4 dividiert, ergibt die Brennweite des Beleuchtungssystems. Die nicht korrigierten Beleuchtungslinsen haben keinen scharf ausgeprägten Brennpunkt. Man erhält daher für die Brennweiten stets nur Annäherungswerte, die für unsere Zwecke vollständig ausreichen.

Will man die Brennweiten der später zu besprechenden Projektionsobjektive bestimmen, so genügt es, da kleine Unterschiede belanglos sind, das zu prüfende Objektiv an einer photographischen Kamera zu befestigen und auf einen sehr fernen Gegenstand scharf einzustellen. Der Abstand der Blendenebene des Objektives von der Mattscheibe ist dann ungefähr gleich der Brennweite. Auf den meisten Objektiven ist die Brennweite angegeben.

Durch Teilung der Beleuchtungslinse und die soeben beschriebene Aufstellung der beiden Hälften wird an der Gesamtbrennweite nichts geändert. Jede plankonvexe Hälfte hat die doppelte Brennweite der ursprünglichen bikonvexen Linse. Steht nun die Lichtquelle im Brennpunkte der vorderen[1]), plankonvexen Linse *a* (Fig. 10), so treten die Strahlen parallel aus *a* aus und treffen achsenparallel auf die plankonvexe Linse *b*; infolgedessen vereinigen sie sich wieder im Brennpunkte der Linse *b*, also in einem Abstande von dem Linsensystem (*a*, *b*), welcher der d o p p e l t e n Brennweite dieses Systems ungefähr entspricht. Das Bild der Lichtquelle liegt genau so weit h i n t e r dem Linsensystem, wie die Lichtquelle v o r dem Linsensystem steht. Auch jetzt wird das Glasbild *D* in seiner ganzen Ausdehnung gleichmäßig hell beleuchtet, und die vom Projektionsobjektiv weiter beförderten Strahlen liefern auf dem weißen Schirm ein gleichmäßig helles Bild.

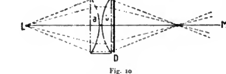


Fig. 10

Welche Stellung der Lichtquelle ist nun die günstigste in Bezug auf beste Ausnutzung des von ihr gelieferten Lichtes?

Notwendig bleibt, daß die Lichtquelle genau auf der Achse (*L M* in Fig. 10) liegt, welche durch die Mitte der Beleuchtungslinsen, des Diapositivs und des Projektionsobjektivs geht. Andernfalls würde man ungleiche Helligkeit auf dem Projektionsschirm, von der wir später sprechen wollen, erhalten.

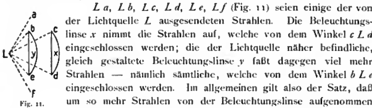


Fig. 11.

L a, *L b*, *L c*, *L d*, *L e*, *L f* (Fig. 11) seien einige der von der Lichtquelle *L* ausgesendeten Strahlen. Die Beleuchtungslinse *x* nimmt die Strahlen auf, welche von dem Winkel *c L d* eingeschlossen werden; die der Lichtquelle näher befindliche, gleich gestaltete Beleuchtungslinse *y* faßt dagegen viel mehr Strahlen — nämlich sämtliche, welche von dem Winkel *b L e* eingeschlossen werden. Im allgemeinen gilt also der Satz, daß um so mehr Strahlen von der Beleuchtungslinse aufgenommen werden, je näher man die Lichtquelle an dieselbe heranrückt. Leider wird der Möglichkeit größter Annäherung eine Schranke gesetzt durch die dabei auftretende Erhitzung und damit verbundene Gefahr des Springens der Linse. Noch ein anderer Grund läßt es als nicht zweckmäßig erscheinen, die Lichtquelle über ein gewisses Maß hinaus der Beleuchtungslinse zu nähern: Nur wenn die Lichtquelle im Brennpunkte der Linse *a* (Fig. 10) aufgestellt ist, treten die Strahlen achsenparallel aus dieser Linse aus und gelangen insgesamt zur Linse *b*. Bringt man die Lichtquelle näher an *a* (Fig. 12) heran, so treten die Strahlen nicht mehr achsenparallel aus *a* aus, ein Teil

1) Wenn wir bei Beleuchtungslinsen und Projektionsobjektiven von „hinterer" und „vorderer" Linse sprechen, so ist mit der vorderen die der Lichtquelle, mit der hinteren die dem weißen Schirm zugewendete Linse gemeint. Man bezeichnet nämlich in der Optik die Linsen stets im Sinne der Lichtbewegung; d. h. diejenige Linse, in welche der Lichtstrahl zuerst eintritt, ist die vorderste.

derselben geht in die Fassung und wird von der Linse *b* nicht aufgenommen [1]). Abgesehen davon, daß hier also weniger Strahlen, als die Linse *a* aufnimmt, in das Projektionsbild übergeführt werden, entstehen durch die Strahlen *L d*, *L e*, *L f*, *L g* Reflexe an der Kondensorfassung, welche sich nur durch sorgfältiges Schwärzen dieser Fassung beseitigen lassen. Durch die geschilderten Verhältnisse werden die Vorteile, welche größere Annäherung der Lichtquelle an *a* bringt, zum Teil wieder aufgehoben.

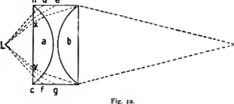


Fig. 12.

Rückt man die Lichtquelle weit von der Linse *a* zurück, so werden die Lichtverhältnisse nicht nur dadurch ungünstig, daß der Winkel, welchen die von der Linse *a* aufgenommenen Strahlen einschließen, sehr klein wird; es konvergieren dann die Strahlen auch schon innerhalb des Kondensors, und das nahe am Kondensor aufgestellte Glasbild wird nicht mehr bis zum Rande gleichmäßig beleuchtet. Ist z. B. in Fig. 12 *o* die Lichtquelle, so würde nur derjenige Teil des vor *a* aufgestellten Diapositives hell beleuchtet sein, der sich zwischen *x* und *y* befindet.

Wir halten demnach daran fest, daß die Verhältnisse am günstigsten liegen, wenn die Lichtquelle im Brennpunkte der ihr zugekehrten plankonvexen Beleuchtungslinse steht, so daß also das Licht zwischen den Linsen achsenparallel ist. Die zulässigen Abweichungen von dieser Regel werden wir in dem Abschnitte über Projektionsobjektive kennen lernen.

Um nun doch die Lichtquelle möglichst nahe an die Linse *a* heranbringen zu können, ohne dadurch den parallelen Austritt der Strahlen aus *a* zur Unmöglichkeit zu machen, müßte man die Brennweite der beiden Linsen *a* und *b* (Fig. 12) möglichst verkürzen. Hier sind aber enge Schranken

1) Den Abschnitt *xy* der Linse *a* (Fig. 12), welcher diejenigen von *L* ausgehenden Strahlen aufnimmt, welche zur Linse *b* gelangen können, nennt man die wirksame Öffnung der Linse *a*. Bei achsenparallelem Licht zwischen *a* und *b* (Fig. 10) ist die wirksame gleich der freien Öffnung, d. h. demjenigen Teile der Linse *a*, welcher von der Fassung nicht bedeckt ist. Je näher die Lichtquelle an *a* heranrückt, um so kleiner wird die wirksame Öffnung. Für die später zu erörternden Wechselbeziehungen zwischen Kondensor und Projektionsobjektiv ist es von Wichtigkeit, zu wissen, wie groß bei einem bestimmten Abstande des Projektionsobjektives von der Linse *b* die jeweilige wirksame Öffnung von *a* ist. Um dies zu ermitteln, verfolgt man die Strahlen rückwärts, d. h. man stellt eine punktförmige Lichtquelle (z. B. eine Flamme, vor der ein mit einer Nadel durchstochenes Kartonblatt sich befindet) in *o* auf. Nunmehr bedeckt man die ebene Fläche der Linse *a* mit einer Mattscheibe oder einem Bogen weißen, durch Öl transparent gemachten Papieres. Die wirksame Öffnung von *a* zeigt sich dann als hell erleuchteter Kreis auf der Mattscheibe (oder dem Papier). In vorliegendem Beispiel (Fig. 12) würde nur die zwischen *x* und *y* gelegene Zone hell sein, während die Randzonen (*x h* und *y c*) dunkel bleiben. Je weiter entfernt der Punkt *o* von *b* liegt, um so kleiner ist die wirksame Öffnung von *a*.

gesetzt, denn bei Verkürzung der Brennweite wächst der Dickendurchmesser der Linse; mit dem Dickendurchmesser wächst die sphärische Abweichung und gleichzeitig die Neigung der Linse, bei starker Erhitzung zu springen.

Ist die Brennweite der plankonvexen Linse etwa $1^1/_2$ mal so groß wie der Linsendurchmesser, so hat man genügend kurze Brennweite und nicht allzu dicke Linsen. Daher ist von den optischen Instituten, welche sich mit Herstellung von Beleuchtungslinsen befassen, dies Verhältnis der Brennweite der Einzellinse zum Linsendurchmesser (1,5 : 1) allgemein eingeführt.

Die für Bildwerfer in Betracht kommenden Beleuchtungslinsen sind in Bezug auf ihren Linsendurchmesser an bestimmte Maße gebunden. Das wird durch nachfolgendes verständlich: Die gebräuchlichen Diapositivformate sind 8 × 8 cm (mit den Abweichungen 8,2 × 8,2 und 8,5 × 8,5), ferner 8,5 × 10 cm und endlich 9 × 12 cm. Von diesen Formaten des als Bildträger dienenden Glases wird für das eigentliche Bild nur ein Teil ausgenutzt, da man auf jeder Seite einen durchschnittlich 0,5 cm breiten Streifen für den schwarzen Papierrand in Abrechnung bringen muß. Bei dem früher allgemein als Normalmaß[1]) geltenden Formate 8 × 8 cm (8,2 × 8,2; 8,5 × 8,5) war es üblich, das Bild durch eine schwarze Papiermaske mit einem Ausschnitt von 7 × 7 cm und abgerundeten Ecken zu bedecken, so daß bei diesen Bildern der größte Durchmesser (die Diagonale), welcher für die Größe der Beleuchtungslinse in Betracht kommt, etwa 9,5 cm (ohne die abgerundeten Ecken 10 cm) beträgt. Hierfür sind also Beleuchtungslinsen von 10 cm Durchmesser ausreichend. Um nun nicht die äußerste Randzone der Beleuchtungslinse ausnutzen zu müssen, wählt man den Durchmesser der Linse etwas größer: 10,3 bis 10,5 cm. Der etwas größere Linsendurchmesser wird auch deshalb notwendig, weil wegen der Dicke des Bildhalters (des Schieberahmens) das Diapositiv nicht unmittelbar an der hinteren plankonvexen Beleuchtungslinse zu stehen kommt, sondern etwa im Abstande von 1 cm, also bereits in einem schmäleren Abschnitte des zum Projektionsobjektiv konvergierenden Lichtkegels.

Die Diagonale des Diapositivformates 8,5 × 10 cm beträgt nach Abzug des schwarzen Papierrandes (also für das Bildformat 7,5 × 9 cm) rund 12 cm; man benötigt hierfür einen Kondensor von 12 bis 13 cm Linsendurchmesser.

Die Diagonale des Formates 9 × 12 cm beträgt nach Abzug des Papierrandes (also für das Bildformat 8 × 11 cm) rund 14 cm. Ein Kondensor mit 15 cm Linsendurchmesser ist hierfür geeignet; häufig geht man jedoch bis zu 16 cm Linsendurchmesser, um die Randzone möglichst vollständig auszuschalten.

Nach der oben mitgeteilten Regel, daß das Verhältnis der Brennweite der Einzellinse zum Linsendurchmesser 1,5 : 1 sein soll, ist für Kondensoren mit dem soeben besprochenen Linsendurchmesser der jedesmalige Lichtquellenabstand für achsenparalleles Licht im Kondensor gegeben. Es erfordert:

1) Wir werden auf die Frage des günstigsten Formates in dem Abschnitte über das Glasbild zurückkommen.

ein Kondensor von 10 cm Linsendurchmesser einen Lichtquellenabstand von etwa 15 cm,

ein Kondensor von 12 cm Linsendurchmesser einen Lichtquellenabstand von etwa 18 cm,

ein Kondensor von 15 cm Linsendurchmesser einen Lichtquellenabstand von etwa 22,5 cm.

Natürlich kommt es bei diesen Abständen auf ein paar Millimeter mehr oder weniger nicht an, da man wegen der sphärischen und chromatischen Fehler der Linse, und weil die Lichtquelle niemals ein mathematischer Punkt ist, völlig parallelen Strahlenaustritt aus der ersten plankonvexen Linse doch niemals erzielt. Ferner sind die Brennweiten der verschiedenen Linsen bei gleichem Linsendurchmesser nicht ganz gleich. Endlich ist zu berücksichtigen, daß wir den „Abstand" von der planen Linsenfläche aus rechnen, „Abstand" und „Brennweite", welch letztere vom optischen Mittelpunkte aus gerechnet wird, also nicht übereinstimmen. Die mitgeteilten Zahlen sollen nur ungefähr einen Anhalt dafür bieten, wo bei bestimmter Linsengröße die Lichtquelle aufzustellen ist, um achsenparalleles Licht im Kondensor zu haben.

Die geschilderten Verhältnisse lassen es als nicht auffallend erscheinen, daß bei den von den verschiedenen optischen Instituten gelieferten Beleuchtungslinsen Abweichungen von den oben mitgeteilten Zahlen vorkommen. Im folgenden geben wir die Lichtquellenabstände, wie sie bei den von der „Rathenower optischen Industrieanstalt, vorm. Emil Busch A.-G." gelieferten Kondensoren gefordert werden, um zwischen den plankonvexen Linsen achsenparalleles Licht zu haben:

Linsendurchmesser	10	cm,	Lichtquellenabstand	16	cm,
„	10,5	„	„	16,5	„
„	12	„	„	17,5	„
„	13	„	„	17,5	„
„	15	„	„	22,5	„
„	16	„	„	28	„

Da hier die Kondensoren von 12 und von 13 cm Durchmesser den gleichen Lichtquellenabstand haben, so wird man beim Ankauf den 13 cm-Kondensor bevorzugen (er ist nur 2 Mk. teurer), da bei demselben eine größere Randzone unbenutzt bleiben darf und man überdies im stande ist, mit demselben gelegentlich sogar etwas größere Diapositive (bis zum Bildformat 9 × 9 cm) zu projizieren. Ungünstig im Verhältnis zu dem 15 cm-Kondensor liegen dagegen die Lichtverhältnisse bei demjenigen mit 16 cm Linsendurchmesser. Während bei ersterem der Lichtquellenabstand 22,5 cm beträgt, ist er bei letzterem schon 28 cm. Man wird daher beim Ankauf den 15 cm-Kondensor bevorzugen, der 3 Mk. billiger ist (30 Mk. gegen 33 Mk.).

An Stelle des in Fig. 10 (S. 10) abgebildeten Doppelkondensors mit zwei plankonvexen Linsen empfiehlt A. Miethe[1]) einen Kondensor, der aus einer der Lampe zugewendeten, fast halbkugeligen, meniskenförmigen konvexen

1) Atelier des Photographen 1898, Heft 5, S. 82.

Linse und einer ihr bis zur Berührung genäherten nahezu gleichschenkeligen Linse von verhältnismäßig flacher Krümmung besteht. Hier und bei ähnlichen Konstruktionen ist von achsenparallelem Licht zwischen den Linsen keine Rede, und die beste Lichtausnutzung findet statt, wenn alles Licht, welches auf die Vorderlinse fällt, von der Hinterlinse aufgenommen wird.

Zahlreiche Versuche wurden unternommen, um insbesondere bei Kondensoren von größerem Linsendurchmesser eine günstigere Lichtausnutzung herbeizuführen, als dies bei dem Doppelkondensor (Fig. 10) möglich ist. Diese Möglichkeit ist bei Beleuchtungssystemen vorhanden, welche nicht aus zwei, sondern aus drei Einzellinsen (Tripelkondensor) bestehen. Man kann derartigen Beleuchtungssystemen eine sehr kurze Brennweite geben, ohne den Dickendurchmesser der einzelnen Linsen ungebührlich zu erhöhen. Insbesondere kann die der Lichtquelle zugekehrte Linse so gewählt werden, daß sie durch ihre Form der Gefahr des Springens weniger ausgesetzt ist; sie schützt dann gleichzeitig die beiden anderen Linsen vor allzu großer Erwärmung.

Ist die Brennweite des dreifachen Kondensors gleich der Brennweite des für ein ebenso großes Diapositivformat berechneten zweifachen, so bietet ersterer keine Vorteile vor dem zweifachen; im Gegenteil: da bei dem dreifachen zwei Begrenzungsflächen zwischen Luft und Glas mehr vorhanden sind, so sind hier die durch Reflexion herbeigeführten Lichtverluste größer, als bei dem zweifachen. Aus letzterem Grunde empfiehlt es sich auch nicht, über die Zahl von drei Linsen hinauszugehen. Das System von kürzerer Brennweite — mag dasselbe aus zwei oder drei Linsen bestehen — hat bei gleichem Brechungsindex des Glases größere Glasdicke als das entsprechende System längerer Brennweite, und infolgedessen auch stärkere Lichtabsorption. Letztere beträgt bei den für Kondensoren der Regel nach angewendeten Glassorten etwa 6 % auf jeden Centimeter Glasdicke. Da die hierdurch bedingten Lichtverluste im wesentlichen auf die Mitte der Kondensoren entfallen, wo die Glasdicke am größten ist, so spielen sie praktisch keine erhebliche Rolle, weil sie einen Ausgleich zwischen der an sich stärker beleuchteten Mitte und der schwächer beleuchteten Randzone herbeiführen.

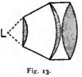


Fig. 13.

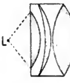


Fig. 14.

Im Jahre 1836 konstruierte Andrew Ross einen dreifachen Kondensor, dessen Bauart in Fig. 13 dargestellt ist. Andere Formen des dreifachen Beleuchtungssystemes, wie sie in den letzten Jahren vielfach benutzt wurden, sind in Fig. 14 abgebildet. Die Zahl der möglichen Verbindungen von drei Linsen ist außerordentlich groß. Die Verhältnisse liegen jedoch am günstigsten, wenn man den in Fig. 10 (S. 10) dargestellten Doppelkondensor als Ausgangspunkt

für den dreifachen nimmt. Wir sahen, daß zur Erzielung besserer Lichtausnutzung weiter nichts nötig ist, als größere Annäherung der Lichtquelle an den Kondensor. Nur dürfen die Linsen nicht durch größere Erhitzung gefährdet werden, und die Strahlen müssen auf ihrem Wege zwischen den beiden plankonvexen Linsen achsenparallel bleiben. Dies erreicht man in einfachster Weise, wenn man zwischen dem plankonvexen Linsenpaar und der Lichtquelle eine konvex-konkave Linse (konvexer Meniskus) einschaltet. Die durch diese Anordnung gewonnenen Vorteile werden am leichtesten verständlich, wenn wir den Strahlengang im zweifachen und im dreifachen Kondensor vergleichen: Die Lichtquelle *L* (Fig. 15) ist im Brennpunkte der Linse *a* des zweiteiligen Kondensors aufgestellt; die aus *a* austretenden Strahlen treffen also untereinander parallel auf die Linse *b* und werden in *c*, dem Brennpunkte der Linse *b*, vereinigt. Schalten wir dagegen zwischen Lichtquelle *L* und plankonvexer Linse *a* die konvex-konkave Linse *x* (Fig. 16) ein, so hat man die Lichtquelle *L* erheblich näher an den Kondensor heranzubringen, damit innerhalb der Linsen *a* und *b*, zwischen beiden Linsen und auf dem Wege von der Linse *b* bis zum Schnittpunkte *c* die Strahlen denselben Weg einschlagen, wie bei dem zweifachen Kondensor (Fig. 15). Während also der dreifache Kondensor (Fig. 16) alle von der Lichtquelle *L* ausgehenden Strahlen aufnimmt, die von dem Winkel *f L g* eingeschlossen werden, nimmt der zweifache Kondensor nur die Strahlen auf, welche von dem Winkel *d L e* eingeschlossen werden; es gehen alle Strahlen für die Bilderzeugung verloren, welche von den Winkeln *f L d* und *e L g* (Fig. 15) eingeschlossen werden; der dreiteilige Kondensor ist hier also erheblich lichtstärker, als der zweiteilige. Freilich muß man hierbei berücksichtigen, daß der dreiteilige durch Absorption in dem dickeren Glase, besonders aber durch Reflexion an den beiden Flächen der Meniskuslinse Lichtverluste bedingt, welche ungefähr 20 % der gesamten, vom Kondensor aufgenommenen Lichtmenge betragen.

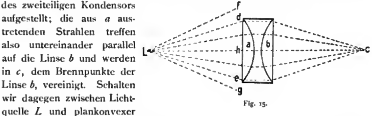


Fig. 15.

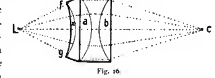


Fig. 16

Daß man nicht eine plankonvexe, sondern eine konvex-konkave Linse nimmt, um aus dem zweiteiligen einen dreiteiligen Kondensor zu machen, hat in folgendem seinen Grund: Die Entfernung der Lichtquelle *L* (Fig. 15) von *h*, der Mitte der Linse *a*, ist kleiner als diejenige vom Rande *d*, *e* dieser Linse. Da nun die Helligkeit mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, so erhält die Randzone der Linse *a* verhältnismäßig weniger Licht als die Mitte. Fernerhin ist zu berücksichtigen, daß die auf einen bestimmten Punkt der

Linsenfläche gelangende Lichtmenge proportional dem Cosinus des Auffallswinkels der Strahlen ist und daß auch aus diesem Grunde die Randzone der Linse weniger Licht erhält als die Mitte. Beim zweifachen Kondensor, wo die Lichtquelle in erheblicher Entfernung von der Linse *a* bleibt, hat dies nicht viel zu sagen. Anders gestalten sich jedoch die Verhältnisse beim dreifachen, wo die Lichtquelle näher an die Vorderlinse heranrückt. Den hieraus sich ergebenden Übelstand kann man dadurch ausgleichen, daß man der Vorderlinse eine der Lichtquelle zugekehrte konkave Fläche gibt, d. h. daß man an Stelle einer plankonvexen eine konvexkonkave Linse verwendet. Am günstigsten liegen die Verhältnisse, wenn die Krümmung der konkaven Fläche dieser Linse so gewählt ist, daß der Krümmungsradius gleich dem Abstande der Lichtquelle von dieser Linse ist. In diesem Falle steht die Lichtquelle von den Rändern der Meniskuslinse genau so weit entfernt, wie von der Mitte; dann sind auch die durch Reflexion entstehenden Lichtverluste am geringsten, weil die Strahlen senkrecht auf jeden Teil der Linse treffen.

Hieraus wird ersichtlich, daß, will man die dritte Linse (wegen der vermehrten Lichtverluste durch Reflexion) vermeiden, aber trotzdem bei dem zweifachen Kondensor einen ebenso kurzen Lichtquellenabstand haben, wie beim dreifachen, die Vorderlinse des zweifachen Kondensors konvexkonkave Gestalt haben muß, weil sonst die Helligkeit der Randzone gegen die Mitte zurückbleibt.

Wie aus Fig. 16 ersichtlich, kann die Linse *x* kleiner sein als *a*; da sie überdies dünner als *a* ist, so ist sie gegen Hitze verhältnismäßig widerstandsfähig. Die Linse *x* erheblich größer zu wählen, etwa ebenso groß wie die Linse *a*, hat keinen Zweck, da alle Strahlen, welche außerhalb des Winkels *f L g* auf die Linse *x* treffen, die Linse *a* nicht mehr erreichen, sondern in die Kondensorfassung laufen würden.

Durch einen einfachen Versuch läßt sich feststellen, ob die zu einem bestimmten, dreiteiligen Beleuchtungssystem gehörige konvexkonkave Linse zu groß oder zu klein ist: Man bestimmt die wirksame Öffnung dieser Linse in derselben Weise, wie dies auf Seite 11 (Fußnote) beschrieben ist. Hierbei ist im Auge zu behalten, daß die Mattscheibe oder das geölte Papier unmittelbar auf dem Rande der konkaven Fläche der Meniskuslinse — und nicht etwa auf der Fassung derselben — aufliegen muß. Die punktförmige Lichtquelle ist im Punkte *c* (Fig. 16) aufzustellen, so daß also die Strahlen zwischen *a* und *b* achsenparallel sind. Der Durchmesser der Meniskuslinse muß immer etwas größer gewählt werden, als die wirksame Öffnung derselben bei achsenparallelem Licht zwischen *a* und *b* ist. Rückt nämlich *c* (Fig. 16) näher an die Linse *b* heran — ein Fall, der eintritt, wenn man Projektionsobjektive mit kurzer Brennweite verwendet —, so wird die wirksame Öffnung der Meniskuslinse etwas größer.

Das Verhältnis der vom zweiteiligen zu der vom dreiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmenge läßt sich folgendermaßen berechnen: Die der Lichtquelle zugekehrten Oberflächen der Kondensoren denkt man sich als Abschnitte (Kugelhauben, Kalotten) einer Kugel vom Radius *r*, in deren Mitte sich die Lichtquelle befindet. Ein relatives Maß für die Lichtmengen, welche

auf die Kondensoren gelangen, sind die Flächen der Kalotten, welche nach der Formel berechnet werden: $K = 2\pi r h$, wobei r den Radius der Kugel, (d. h. Abstand der Lichtquelle vom Rande der Kondensorlinse) und h die Höhe der Kalotte bedeutet. Ist α der Winkel, welchen die auf die Kalotte fallenden Lichtstrahlen einschließen (also dLe in Fig. 15 und fLg in Fig. 16), so erhält man:

$$h = r - r\left(\cos\frac{\alpha}{2}\right) = r\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right).$$

Setzt man diesen Wert für h in die Formel für die Kalottenfläche ein, so erhält man:

$$K = 2\pi r^2\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right).$$

Es verhält sich also K_3 (d. h. Kalotte für den dreiteiligen Kondensor) zu K_2 (d. h. Kalotte für den zweiteiligen Kondensor) wie $2\pi r^2\left(1 - \cos\frac{\alpha_3}{2}\right)$ zu $2\pi r^2\left(1 - \cos\frac{\alpha_2}{2}\right)$. Da der Kugelradius r bei Vergleichung verschiedener Kalotten immer derselbe bleibt, so erhält man:

$$\frac{K_3}{K_2} = \frac{1 - \cos\frac{\alpha_3}{2}}{1 - \cos\frac{\alpha_2}{2}}.$$

In der Formel $K = 2\pi r^2\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right)$ kann man auch die allgemein gültige trigonometrische Relation: $1 - \cos\frac{\alpha}{2} = 2\sin^2\frac{\alpha}{4}$ anwenden und schreiben:

$$K = 4\pi r^2 \cdot \sin^2\frac{\alpha}{4}.$$

Hieraus ergibt sich, daß die Kalotten (also auch die von einer punktförmigen Lichtquelle ausgehenden Lichtmengen in den auf die Kondensoren fallenden Strahlenkegeln) sich verhalten wie die Quadrate der Sinus der Viertel vom Öffnungswinkel[1]). (Die Öffnungswinkel sind: in Fig. 15 dLe, in Fig. 16 fLg.)

Da es nicht jedermanns Sache ist, mit Sinus, Cosinus und zugehörigen Logarithmentafeln zu rechnen, so wollen wir im folgenden eine Methode angeben, nach der jeder ohne erhebliche mathematische Vorkenntnisse im stande ist, das Verhältnis der vom zweiteiligen zu der vom dreiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmenge mit einer für die Praxis genügenden Genauigkeit festzustellen. Diese Methode beruht auf folgender Überlegung:

1) Diese Regel gilt nur für punktförmige, in der Achse aufgestellte Lichtquellen. In Bezug auf flächenhafte Lichtquellen gilt die für die Abbildung feststehende Regel, daß die zu einem Lichtpunkte von einem beliebigen System geleitete Lichtmenge proportional ist der num. Apertur, daß also die von verschiedenen Kondensorsystemen aufgenommenen Lichtmengen sich verhalten wie die Quadrate der Sinus der halben Öffnungswinkel. Für unsere nachfolgenden Betrachtungen sind jedoch lediglich punktförmige, in der Achse aufgestellte Lichtquellen maßgebend, weil bei flächenhaften Lichtquellen die Verhältnisse sehr verwickelt werden.

Die von einem leuchtenden Punkte auf eine Fläche von bestimmter Größe fallende Lichtmenge ist umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung des leuchtenden Punktes von der Fläche. Unter der vorläufigen Voraussetzung, daß die der Lichtquelle zugewendeten Flächen des zwei- und dreiteiligen Kondensors gleich groß sind, verhält sich also die auf den zweiteiligen Kondensor K_2 fallende Lichtmenge zu der auf den dreiteiligen Kondensor K_3 fallenden Lichtmenge wie a_3^2 zu a_2^2, wenn a_2 den Abstand der Lichtquelle vom zweiteiligen und a_3 den Abstand der Lichtquelle vom dreiteiligen Kondensor bedeutet. Wie wir sahen, ist jedoch der Durchmesser (also auch die wirksame Öffnung) der vordersten Linse des dreiteiligen Kondensors kleiner als der Durchmesser der vordersten Linse des zweiteiligen. Wir müssen daher von der auf den dreiteiligen Kondensor fallenden Lichtmenge einen Betrag in Abzug bringen, der sich aus folgender Überlegung ergibt: r_2 sei der Radius der der Lichtquelle zugewendeten ebenen Fläche der vorderen Beleuchtungslinse des zweiteiligen Kondensors; r_3 sei der Radius einer Ebene, welche durch den der Lichtquelle zugewendeten Rand der Meniskuslinse des dreiteiligen Kondensors gelegt wird. Dann ist die lichtempfangende Fläche des zweiteiligen Kondensors $r_2^2\pi$, die lichtempfangende Fläche des dreiteiligen $r_3^2\pi$. Also müssen wir von der auf den dreiteiligen Kondensor fallenden Lichtmenge in Abzug bringen den Betrag, der auf die Fläche $r_2^2\pi - r_3^2\pi$ fällt. Hieraus ergibt sich die Formel:

$$\frac{K_3}{K_2} = \frac{a_2^2}{a_3^2} - \frac{a_2^2}{a_3^2} \cdot \frac{r_2^2\pi - r_3^2\pi}{r_2^2\pi} = \left(\frac{a_2\, r_3}{a_3\, r_2}\right)^2.$$

Diese Formel gibt, da auf die Randzone der Linse weniger Licht gelangt, als auf die Mitte, die auf die verschiedenen Kondensoren fallenden Lichtmengen nicht so korrekt an, wie die oben berechnete Formel, welche sich auf den Öffnungswinkel α bezieht. Gleichwohl genügt sie für unsere Zwecke, weil wir bei Berechnungen vorliegender Art niemals aus dem Auge verlieren dürfen, daß man infolge verschiedener Umstände immer nur Annäherungswerte erhält.

Aus einer größeren Zahl von Berechnungen, die Verfasser an verschiedenen im Handel befindlichen zwei- und dreiteiligen Kondensoren durchführte, ergab sich, daß die dreiteiligen Kondensoren im allgemeinen 2 bis $3\frac{1}{2}$ mal mehr Licht aufzunehmen im stande sind, als die zweiteiligen.

Die rechnerischen Ergebnisse stimmen aber mit denjenigen der Praxis leider nicht ganz überein. Nimmt man bei derselben Lichtquelle und demselben Objektiv vergleichende Versuche vor mit einem zweiteiligen und einem dreiteiligen Kondensor, so ist man erstaunt, von einer gewaltig (bis $3\frac{1}{2}$ mal) gesteigerten Lichtmenge auf dem weißen Schirm nichts zu merken. Die Helligkeitsunterschiede sind der Regel nach unbedeutend. Verfasser stellte genaue Versuche dieser Art zu wiederholten Malen mit punktförmigen Lichtquellen an[1]); er kann auf Grund derselben nicht dazu raten, den zwei-

1) Bei ausgedehnten Lichtquellen liegen die Verhältnisse aus besonderen Gründen noch ungünstiger. Näheres hierüber in dem Abschnitt über das Projektionsobjektiv.

teiligen Kondensor durch den leichter springenden dreiteiligen allgemein zu ersetzen. Der Grund für diese auffallende Tatsache mag darin liegen, daß die gewöhnlichen, nicht mit besonderer Sorgfalt gefertigten Kondensorlinsen wesentlich höhere Lichtverluste durch Absorption und Reflexion bedingen, als man allgemein annimmt. Sind die Linsen aus bestem Glase hergestellt und ist die Politur vorzüglich — nicht zu reden von der richtigen Berechnung und Ausführung der gekrümmten Flächen —, so bleiben beim dreiteiligen Kondensor die praktisch festgestellten Helligkeitswerte hinter den errechneten nicht so weit zurück. Kondensoren dieser Art stehen aber so hoch im Preise, daß ihre allgemeine Einführung sehr erschwert ist.

Daß die Beleuchtungslinsen, sollen sie möglichst vollkommene Ausnutzung der Lichtquelle gestatten, aus weißem Glase gefertigt sein müssen, ist selbstverständlich. Benutzt man zu ihrer Herstellung Glassorten, welche einen hohen Brechungsexponenten haben, so können die Linsen bei gleicher Brennweite dünner geschliffen werden, was in Bezug auf Widerstandsfähigkeit gegen Hitze günstig ist. Doch spielen bei Auswahl der Glassorten der Glaspreis und die sonstigen Eigenschaften der Gläser neben dem Brechungsexponenten eine Rolle.

Ungemein wichtig ist, daß die Linsen frei von Schlieren und Luftblasen sind. Letztere wirken besonders störend, wenn sie sich in der dem Glasbilde zugekehrten Linse befinden, weil sie dann, wenn auch unscharf, auf dem weißen Schirm mit abgebildet werden.

Auch die Fassung der Linsen spielt eine wesentliche Rolle; sie muß mit Luftlöchern versehen sein, damit die Luft zwischen den Linsen frei hindurchstreichen und zur Abkühlung des Glases beitragen kann. Ganz zu verwerfen sind Fassungen, bei denen die Linsen nicht herausnehmbar sind. Wenn der Bildwerfer einige Zeit in kühlen, feuchten Räumen steht, bildet sich auf der Oberfläche des Glases ein feiner Niederschlag, welcher die Lichtdurchlässigkeit der Linsen stark beeinträchtigt. Die Linsen müssen sich also herausnehmen lassen, damit man sie putzen kann. Praktisch ist in dieser Beziehung z. B. die Fassung, welche die Rathenower optische Industrie-Anstalt ihren Beleuchtungslinsen gibt, und welche in Fig. 17 u. 18 dargestellt ist. Fig. 18 zeigt den fertig montierten dreifachen Kondensor.

Fernerhin ist wichtig, daß die Linsen locker in der Fassung sitzen, damit für die durch Hitze erfolgende Ausdehnung genügend Spielraum bleibt. Besonders gilt dies für diejenige Linse, welche der Lichtquelle zugekehrt ist. Zu enge Fassung hat Springen der Linse zur Folge.

Durch Reflexion des Lichtes an den Linsenflächen treten Spiegelbilder auf, von denen einige reell, andere virtuell sind. Störend wird dies, wenn ein reelles Bild dieser Art dort liegt, wo man das zu projizierende Diapositiv aufzustellen hat. Dann projiziert das Spiegelbild mit und macht sich als heller Lichtfleck auf dem weißen Schirm bemerkbar. Durch Verschieben des Diapositives mehr nach dem Projektionsobjektiv hin kann man das Spiegelbild aus dem Fokus des letzteren bringen, doch ist dies aus naheliegenden Gründen der

Regel nach nur in den seltensten Fällen möglich. Auch lassen sich einige dieser Spiegelbilder dadurch unschädlich machen, daß man den Abstand der beiden plankonvexen Linsen verändert. Übrigens schadet ein zentraler Lichtfleck auf dem weißen Schirm bei der Projektion wenig, während er bei photographischen Vergrößerungen unangenehm wird. Bei dreifachen Kondensoren treten leichter Lichtflecke auf dem Schirm auf, als bei zweifachen, da es bei ersteren zwei spiegelnde Linsenflächen mehr gibt.

Neuerdings kommen auch Kondensoren von rechteckiger Form in Aufnahme. Dieselben werden durch Wegschneiden der Kanten von runden Linsen hergestellt und haben dort Berechtigung, wo es sich um möglichste Raum- und Gewichtsersparnis handelt.

Die Glaslinsen des Beleuchtungssystems lassen sich auch durch Flüssigkeitslinsen ersetzen, die man folgendermaßen herstellt: Uhrglasförmige Glas-



Fig. 17. Fig. 18.

schalen von 16 cm Durchmesser (zu beziehen durch Klönne & Müller, Berlin, Luisenstraße 49) werden mit dem freien Rande unter Zuhilfenahme von Kristallpalastkitt (Auflösung von Gelatine in Eisessig) auf einer Spiegelglasscheibe aufgekittet. Vor dem Aufkitten hat man am freien Rand der Glasschale eine kleine Vertiefung ausgeschliffen, welche nach dem Aufkitten als Füllloch dient. Durch letzteres wird in das Innere der plankonvexen Linse Alkohol eingefüllt und schließlich das Loch mit einem Heftpflasterstreifen verschlossen. Da der Brechungsexponent des Alkohols 1,36 ist, also gegen denjenigen des Glases (1,5 bis 1,6) zurückbleibt, so ist die Brennweite eines so hergestellten Doppelkondensors (bei dem die beiden Einzellinsen so aufgestellt werden, wie dies in Fig. 15, S. 15 dargestellt ist) zu groß. Man schaltet also zwischen den Alkohollinsen und der Lichtquelle eine kleine plankonvexe oder bikonvexe Linse ein, welche gleichzeitig die großen Linsen vor Erhitzung schützt. Mit einem so hergestellten dreilinsigen Kondensor, der für wenige Mark zu beschaffen ist, läßt sich vortreffliche Helligkeit erzielen; für die Reise ist derselbe allerdings nicht geeignet, weil bei starken Bewegungen des Apparates aus den Öffnungen etwas Alkohol hervorquillt. Auch ist er für sehr heiße Lichtquellen (Kalklicht und elektrisches Bogenlicht) nicht verwendbar, weil bei denselben der Alkohol schnell ins Kochen kommt.

Statt des Alkohols läßt sich zur Füllung der Flüssigkeitslinsen auch Wasser oder Glyzerin benutzen, doch muß man dann einen anderen Kitt verwenden, weil Kristallpalastkitt nur durch Alkohol nicht aufgelöst wird. Wasser ist außerdem unpraktisch, weil sich bei Erwärmung kleine Bläschen an den Glaswänden ansetzen und dasselbe sich bald trübt.

Man machte den Versuch, die Beleuchtungslinse durch eine möglichst hell zu beleuchtende Mattscheibe zu ersetzen. Doch wird hierdurch niemals annähernd dieselbe Helligkeit des Bildes erzielt, wie durch Linsen. Eine einzige Mattscheibe reicht überdies nicht aus, da sie das Licht nicht hinreichend gleichmäßig verteilt; es müssen wenigtens zwei derselben verwendet werden, die man in Entfernung von einigen Centimetern aufstellt.

Die Kühlkammer.

Der Gedanke liegt nahe, die empfindlichen Gläser durch eine Kühlkammer (Absorptionsküvette mit planparallelen Glaswänden) zu schützen, besonders wenn die heißeste aller Lichtquellen, das elektrische Bogenlicht, zur Projektion benutzt wird. Den besten Schutz gewährt die Kühlkammer, wenn sie zwischen Lichtquelle und erster Beleuchtungslinse aufgestellt ist. Diese Anordnung wurde in früherer Zeit allgemein versucht, und sie wird noch heutigen Tages von solchen empfohlen, die ihre Kenntnisse des Bildwerfers am grünen Tische erwarben. Theorie und Praxis stehen hier jedoch in scharfem Gegensatze. Bringt man nämlich die Kühlkammer zwischen Lichtquelle und erster Beleuchtungslinse an, so beginnt das in derselben enthaltene Wasser schon nach wenigen Minuten zu kochen. Freilich kann man diesem Übelstande dadurch vorbeugen, daß man für stetigen Zu- und Abfluß sorgt, doch erfordert dies umständliche Vorrichtungen. Überdies ist das der Lichtquelle zugekehrte Glas der Kühlkammer wegen der ungleichmäßigen Erwärmung dem Zerspringen ausgesetzt, selbst wenn man hierfür widerstandsfähiges Hartglas verwendet. Aus diesen Gründen finden wir heutigen Tages bei keinem mit Verständnis gebauten Bildwerfer die Kühlkammer an genantem Platze.

Als Aufstellungsort kommt fernerhin in Betracht der Raum zwischen den Beleuchtungslinsen und derjenige zwischen Kondensor und Diapositiv. Beides hat Vorteile und Nachteile. Bei richtiger Aufstellung von Lichtquelle und Beleuchtungslinsen (Fig. 15 u. 16) sind die Strahlen zwischen den beiden plankonvexen Linsen parallel; der Theorie nach kann man diese beiden Linsen also beliebig weit auseinander rücken, ohne Änderung im Strahlengange herbeizuführen. Wie bemerkt, trifft jedoch diese Voraussetzung nur zu, wenn die Lichtquelle punktförmig ist und die Linsen sphärisch und chromatisch korrigiert sind. In der Praxis gestalten sich die Verhältnisse so, daß man auch die nichtkorrigierten, plankonvexen Beleuchtungslinsen ohne nennenswerte Lichtverluste um einige Centimeter voneinander entfernen kann, so daß hierdurch der nötige Raum für Unterbringung der Kühlkammer gewonnen

wird. Dies ist denn auch der Regel nach der Ort, wo man die Kühlkammer aufstellt, und wo sie z. B. bei den von Zeiß (Jena) gefertigten Bildwerfern angebracht wird (Fig. 19). Beim zweifachen Kondensor ist bei dieser Anordnung die vordere plankonvexe Linse, beim dreifachen außer letzterer auch die konvexkonkave Linse durch die Kühlkammer nicht geschützt, doch muß man dies als notwendiges Übel mit in den Kauf nehmen.

Bei Aufstellung der Kühlkammer zwischen Kondensor und Glasbild ist zu berücksichtigen, daß die Strahlen nach dem Austritte aus dem Kondensor zusammenlaufen (Fig. 15 u. 16). Bei einiger Dicke der Kühlkammer kann es sich daher ereignen, daß man mit dem Glasbilde bereits in einen so schmalen Abschnitt des Lichtkegels gedrängt wird, daß keine gleichmäßige Beleuchtung des Bildes bis in die Ecken mehr stattfindet. Ferner ist bei dieser Aufstellung

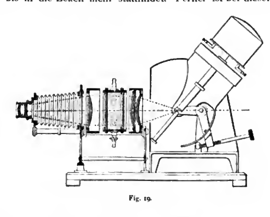


Fig. 19.

nachteilig, daß die Strahlen schräg auf die Wände der Küvette treffen und daher viel Licht durch Reflexion verloren geht. Aus diesen Gründen wird man die Kühlkammer nur dann zwischen Kondensor und Glasbild aufstellen, wenn beispielsweise an einem bereits vorhandenen Bildwerfer nachträglich eine Kühlkammer angebracht werden soll und daher die Aufstellung derselben zwischen den Beleuchtungslinsen einen kostspieligen Umbau erfordern würde. Von Vorteil ist wiederum bei letzterer Aufstellung, daß der gegenseitige Abstand der Beleuchtungslinsen nicht verändert wird.

Man wird gewiß fragen: wozu überhaupt eine Kühlkammer, wenn die durch die Hitze am meisten gefährdeten Beleuchtungslinsen durch dieselbe nicht mehr geschützt werden? Man muß darauf erwidern, daß ein Schutz des Glasbildes und vor allem des Projektionsobjektives mindestens ebenso wichtig ist, wie ein Schutz der Beleuchtungslinsen. Da das Projektionsobjektiv dort aufgestellt wird, wo die vom Kondensor kommenden Strahlen zusammenlaufen, so ist hier die Erwärmung am größten. Daher läuft man stets Gefahr, daß der zum Kitten der Linsen verwendete Kanadabalsam schmilzt oder gar die Linsen springen. Berücksichtigen muß man allerdings, daß durch die

verschiedenen Linsen und Gläser, welche das Licht auf seinem Wege von der Lichtquelle bis zum Objektiv zu passieren hat, viele Wärmestrahlen verschluckt werden. Wir erlebten es, daß wertvolle Glasbilder, die, weil der Vortragende an dieselben lange Erörterungen knüpfte, ungewöhnlich lange im Schieberahmen verblieben, durch die Hitze vollständig verdarben.

Handelt es sich bei der Projektion nicht um Objekte, die besonders leicht dem Verderben durch Hitze ausgesetzt sind, so braucht der Regel nach, auch bei Benutzung von elektrischem Bogenlicht, eine Kühlkammer nicht angewendet zu werden. Nur wenn bei elektrischem Bogenlicht die benutzte Ampèrezahl 25 übersteigt, wird man nicht gern auf die Absorptionsküvette verzichten.

Soll genügende Abschwächung der Wärmestrahlen stattfinden, so muß die zwischen den planparallelen Wänden der Küvette eingeschlossene Flüssigkeit mindestens eins Dicke von 3 cm haben. Wir werden später, bei Besprechung der direkten Projektion mikroskopischer Präparate, sehen, daß die Flüssigkeitsschicht unter Umständen zehnmal so dick sein muß. Solide Ausführung der Küvette, insbesondere zuverlässiges Kitten, ist unerläßlich nötig. Nichts ist unangenehmer, als wenn während der Vorführung die Flüssigkeit anfängt auszulaufen. Auch die Innenseiten der Glaswände müssen sich bequem putzen lassen. Bei den von der Firma Zeiß (Jena) hergestellten Kühlkammern werden die Spiegelglasscheiben nur durch Talg mit der genau abgeschliffenen Zwischenlage verbunden, so daß man die Kühlkammer zum Zwecke gründlicher Reinigung leicht auseinandernehmen kann; auch ist hier durch Ansatzrohre (Fig. 19) für die Möglichkeit eines dauernden Zu- und Abflusses gesorgt. Recht bequem sind die Absorptionsflaschen, wie sie z. B. die Firma Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin führt (Fig. 20). Die Außenwände derselben sind planparallel geschliffen, bei den Innenwänden ist dies nicht möglich; doch bringt die dadurch bedingte, geringfügige Unregelmäßigkeit im Strahlengange keine nennenswerten Nachteile.

Fig. 20.

Was die Füllung der Absorptionsküvetten anbelangt, so kommt für gewöhnliche Projektion nur reines, frisch abgekochtes Wasser in Betracht. Abkochen ist unerläßlich nötig, um die im Wasser enthaltene Luft auszutreiben; andernfalls würden sich bei zunehmender Erwärmung Luftbläschen an den Wänden der Küvette ansetzen.

Statt des reinen Wassers Alaunlösung zu verwenden, wird immer wieder empfohlen, obgleich längst nachgewiesen ist, daß Alaunlösung nicht nennenswert mehr Wärme verschluckt, als reines Wasser. Ferner empfahl man verschiedentliche Zusätze zum Wasser, damit dasselbe nicht so leicht zum Kochen kommt. Auch dies ist überflüssig: Steht die Küvette zwischen den Beleuchtungslinsen oder zwischen Kondensor und Glasbild, und ist überdies im Gehäuse und zwischen den Beleuchtungslinsen für ausreichende Lufterneuerung gesorgt, so wird das Wasser in der Küvette nicht zum Kochen kommen. Auch Glyzerin wird neuerdings als Absorptionsflüssigkeit empfohlen, weil es einen höheren Siedepunkt als Wasser hat. Die damit verbundenen

Unsauberkeiten beim Ein- und Ausfüllen verleiden jedoch die Benutzung desselben.

Kommt es, wie bei direkter Projektion mikroskopischer Präparate, darauf an, die Wärmestrahlen vollständig auszuschalten, so benutzt man eine angesäuerte, fünfprozentige Eisenchlorürlösung. Dieselbe hat grünliche Farbe.

Um bei Projektion von Spektralerscheinungen, bei der Darstellung von Interferenz-, Beugungs- und Polarisationserscheinungen u. s. w., wo es von Vorteil ist, die elektrische Lampe in unmittelbare Nähe eines sehr kurzbrennweitigen Kondensors zu bringen, die Beleuchtungslinsen vor dem Zerspringen zu schützen, baute A. Krüß in Hamburg ein Beleuchtungssystem mit Wasserkühlung, bei dem die Linsen ununterbrochen mit einem Strom kalten Wassers überspült werden.

Der Bildhalter.

Der Bildhalter, welcher das zu projizierende Glasbild (Diapositiv) aufnimmt, wird in der „Bildbühne" (*d*, Fig. 6, S. 7) in Nähe der dem Projektionsobjektiv zugekehrten planen Seite der hinteren, plankonvexen Beleuchtungslinse angebracht.

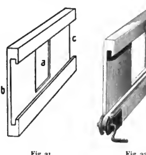


Fig. 21. Fig. 22.

Der einfachste und in seinen Vorzügen nicht zu unterschätzende Bildhalter ist in Fig. 21 dargestellt. Derselbe wird in der Bildbühne so befestigt, daß der Ausschnitt *a*, welcher ein wenig kleiner ist, als das zu projizierende Glasbild, genau vor dem Kondensor steht. An der Seite *b* steckt man das Glasbild hinein und schiebt es mit Hilfe des nächsten Bildes so weit vor, bis es sich vor der Öffnung *a* befindet. Nachdem das Bild hinreichend lange auf dem Projektionsschirm gestanden hat, wird es durch Vorschieben des zweiten und dritten Bildes weiterbefördert, so daß es schließlich bei *c* aus dem Bildträger herauskommt und von einem hierfür Angestellten in Empfang genommen wird. Im Notfalle kann dieselbe Person, welche die Bilder bei *b* hineinsteckt, sie bei *c* wieder herausnehmen. Man hat diese einfache Vorrichtung dadurch zu komplizieren gesucht, daß man mit Hilfe eines über zwei Rollen gleitenden Bandes und einer Drehkurbel die Fortbewegung der Bilder bewerkstelligt (Fig. 22).

Die gebräuchlichste Form des Bildträgers ist der Schieberahmen, der in der Bildbühne vor dem Kondensor vorübergleitet (Fig. 23). Der in der Bildbühne befestigte Holzrahmen *a* dient zur Führung des mit Ausschnitt *c* versehenen, beweglichen Brettes *b*. Die Glasbilder werden oben, bei *d*, ein-

gesteckt, sobald sie sich im Ausschnitt *c* befinden, schiebt man das Brett *b* in *a* hinein, so daß also das Glasbild unmittelbar vor den Kondensor kommt. Zur Auswechselung der Bilder muß *b* wieder vorgezogen werden. Um die hierdurch entstehenden Zeitverluste beim Auswechseln zu verhindern, konstruierte man Schieberahmen mit zwei Ausschnitten (Fig. 24). Während sich das Bild im Ausschnitt *a* vor dem Kondensor befindet, wird das Bild im Ausschnitt *b* ausgewechselt — und umgekehrt. Der Anschlag *c* dient dazu, das Schiebebrett zu fixieren, wenn das Bild genau vor der Beleuchtungslinse steht. Man kann so die Diapositive in ununterbrochener Reihe vorführen.

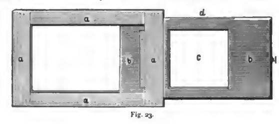


Fig. 23.

Unangenehm ist bei dieser Art des Auswechselns, daß man, um in den Ausschnitt *a* ein neues Bild hineinzustecken, mit dem Arm über den vorderen Teil des Bildwerfers hinweglangen muß, wofern nicht eine zweite Person an

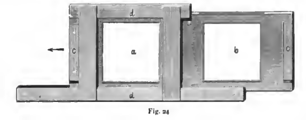


Fig. 24

der anderen Seite des Apparates Aufstellung nimmt und hier das Auswechseln besorgt.

Beim Herausheben der Bilder aus dem Schiebebrett ist Berührung der Bildfläche mit den Fingern unvermeidlich. Das hat zeitraubendes Putzen zur Folge, zumal die Finger beim Bedienen des Apparates nie sauber bleiben. Fingerabdrücke auf der Glasfläche machen sich im projizierten Bilde unangenehm bemerkbar. Um diesen Übelstand zu beseitigen, konstruierte man einen Schieberahmen, wie derselbe in Fig. 25 dargestellt ist. Man ist hier im stande, die Bilder beim Herausheben an einer Ecke zu fassen.

Recht praktisch ist auch diejenige Vorrichtung, wo beim Schieben des Schiebebrettes ein kleiner Hebel in Tätigkeit tritt, welcher das frei werdende Bild so weit anhebt, daß es mit seinem oberen Rande über der Oberkante des Schiebebrettes erscheint, so daß es dort erfaßt werden kann.

Als noch das alte, aus dem Format der Stereoskopbilder hervorgegangene „Normalformat" von 7 × 7 cm Bildgröße die Welt beherrschte, lagen die Verhältnisse mit den Ausschnitten im Bildschieber sehr einfach: es gab kein Hoch- und Querformat; dieselben quadratischen Ausschnitte paßten für alle Bilder. Da änderte sich die Sachlage, als die Amateure den herumreisenden „Professoren der höheren Magie" das Projizieren aus der Hand nahmen. Die nach den üblichen Negativplatten hergestellten Bilder waren nicht quadratisch, und man wollte beim Projektionsbilde nicht unnötigerweise einen wesentlichen Teil der Originalaufnahmen opfern. Darob großes Geschrei bei den „Alten", welche über den Unverstand der „Jungen" und die „einsichtslose und unpraktische Überhebung des Dilettantismus" aus der Haut fuhren. Aber das rollende Rad der Fortentwicklung läßt sich nicht aufhalten. Das Plattenformat 8,5 × 10 cm mit Bildformat 7,5 × 9 cm bürgerte sich, weil sein Verhältnis der Breite zur Höhe den gebräuchlichen Negativformaten ungefähr entspricht, immer mehr ein[1]), und es mußten außer größeren Kondensoren auch anders gestaltete Schieberahmen geschaffen werden. Einfach blieb die Sache, solange man sich an das Querformat 8,5 × 10 cm hielt. Nun gab es aber Aufnahmen von Wasserfällen, hohen Türmen und dergleichen, wo das Negativ im Hochformat belichtet wurde und man auch das Glasbild im Hochformat fertigte. Es blieb nichts weiter übrig, als zwei Sorten von Schieberahmen im Vorrat zu halten: für Quer- und Hochformat 8,5 × 10 cm. Man könnte in demselben Brett (Fig. 24) den einen Ausschnitt für das Hoch-, den anderen für das Querbild machen; dann ist jedoch wieder die Unannehmlichkeit der langsamen Bildauswechselung, wofern nicht zufällig in der Reihenfolge der Bilder immer Hoch- und Querformat abwechselt.



Fig. 25

Die Sache kam für die „Alten" noch schlimmer; ihre Wut steigerte sich zur Raserei, als eines Tages denkende Amateure sagten: Weshalb sollen wir uns die große Mühe machen, die auf dem zweckmäßigen und bequemen Negativformate 9 × 12 cm gefertigten Aufnahmen für den Bildwerfer zu verkleinern? Das 9 × 12 cm-Diapositivformat hielt also siegreichen Einzug, und mit nochmaliger Vergrößerung der Kondensoren mußten auch die Ausschnitte der Bildschieber wachsen. Der weiteren Vergrößerung des Diapositivformates ist dadurch vorgebeugt, daß die hierfür erforderlichen Beleuchtungslinsen zu groß, dick und teuer werden. Man muß jedoch im Auge behalten, daß der 15 cm-Kondensor, wie er für 9 × 12 cm-Diapositive erforderlich ist, auch für das quadratische Bildformat 10 × 10 cm, der 16 cm-Kondensor sogar für das

1) Plattenformat 8,5 × 10 cm mit Bildformat 7 × 7 cm war auch früher vielfach üblich, doch verwendete man den breiten Rand lediglich zum Anbringen einer Beschreibung des Bildes.

Bildformat 11 × 11 cm ausreicht. Nun kommt man mitunter in die Lage, aus einem großen Negativ die Mitte — und zwar möglichst viel von derselben in quadratischer Ahmessung — für das Glasbild benutzen zu können. Für diese Fälle ist dann ein besonderer Rahmen mit Ausschnitt für das Bildformat 10 × 10 oder 11 × 11 cm (in beiden Fällen wird man das Plattenformat 12 × 12 cm wählen) erforderlich.

Eine besondere Frage ist, ob es sich empfiehlt, wie dies neuerdings befürwortet wurde, statt des Plattenformates 9 × 12 cm ein solches von 12 × 12 cm zu wählen, damit man Negative von 9 × 12 cm hoch und quer auf dieselbe Platte kopieren und gelegentlich auch, ohne im Plattenformate etwas zu ändern, das Bildformat 10 × 10 oder 11 × 11 cm benutzen kann. Quadratische Plattenformate haben in Hinblick auf die Zahl der Schieberahmen stets den Vorzug, daß sie die Projektion vereinfachen. Gleichwohl möchten wir von der allgemeinen Einführung des Plattenformates 12 × 12 cm abraten; denn zu der 12 × 12 cm-Platte gehört ein ebenso großes Deckglas, und es werden hierdurch die Kosten, vor allen Dingen aber das Gewicht der Platten in bedenklicher Weise vermehrt.

Für die drei Haupttypen der Bildwerfer sind also, da sich mit den größeren Kondensoren auch alle kleineren Plattenformate projizieren lassen, um allen Anforderungen in Bezug auf Bildformat zu genügen, folgende Schieberahmen notwendig:

1. Für den Apparat mit 10 bis 10,5 cm-Kondensor ein Schieberahmen mit Ausschnitt für Plattenformat 8,5 × 8,5 cm. In denselben Schieberahmen wird man ohne weiteres Platten im Format 8 × 8 oder 8,2 × 8,2 cm einsetzen können.
2. Für den Apparat mit 12 bis 13 cm-Kondensor je ein Schieberahmen mit Ausschnitt für Plattenformat 8,5 × 8,5 cm, 8,5 × 10 cm hoch und 8,5 × 10 cm quer.
3. Für den Apparat mit 15 bis 16 cm-Kondensor je ein Schieberahmen mit Ausschnitt für Plattenformat 8,5 × 8,5 cm, 8,5 × 10 cm hoch, 8,5 × 10 cm quer, 9 × 12 cm hoch, 9 × 12 cm quer und 12 × 12 cm.

Der Apparat (Nr. 2) mit 13 cm-Kondensor gestattet auch Benutzung des quadratischen Bildformates 9 × 9 cm; doch sind die hierdurch gewonnenen Vorteile dem 7,5 × 9 cm-Bilde gegenüber nicht so groß, daß man durch dieselben bewogen werden könnte, ein neues Plattenformat einzuführen. Bei dem Bilde 11 × 11 cm ist dagegen gegenüber dem Bilde 8 × 11 cm der Breitenzuwachs von 3 cm ins Gewicht fallend.

Die große Zahl der notwendigen Schieberahmen ist natürlich Wasser auf die Mühle der grimmigen Feinde des Plattenformates 9 × 12 cm; doch ist die Sache keineswegs so verwickelt, wie sie auf den ersten Blick aussieht. Die Schieberahmen sind das Billigste am ganzen Bildwerfer. Ist der das Schiebebrett tragende Holzrahmen (*d* in Fig. 24) so gearbeitet, daß er durch eine einschnappende Feder in der Bildbühne festgehalten wird, so vollzieht sich die Auswechselung der Schieberahmen für die verschiedenen Plattenformate in leichtester Weise. Die Anordnung kann auch so getroffen sein,

daß der Holzrahmen *d* dauernd in der Bildbühne verbleibt und nur die Schiebebretter ausgewechselt werden. Doch hat dies seine Nachteile, weil in diesem Falle die Höhe des Schiebebrettes für alle Plattenformate dieselbe bleibt und nur die Größe der Ausschnitte verschieden ist; infolgedessen lassen sich die kleinen Plattenformate schlecht herausheben, weil der breite Holzrand stört. Es ist daher besser, für jedes Schiebebrett einen besonderen Holzrahmen (*d* in Fig. 24) zu besitzen.

Häufig haben die Ausschnitte der Schiebebretter den Fehler, daß sie für die Plattenformate zu knapp sind. Der Fabrikant hat dabei die löbliche Absicht, dem Hin- und Herwackeln der Bilder im Schieberahmen vorzubeugen. Man muß aber damit rechnen, daß die Platten niemals genau gleich groß sind, daß vielmehr bei denselben Formaten Abweichungen um mehrere Millimeter vorkommen. Ferner sind die verwendeten Gläser (Träger der Bildschicht und Deckgläser) verschieden dick. Häufig hört man daher während der Projektion vom Apparate her den Ruf: „Das folgende Bild paßt nicht in den Rahmen.“ Um derartigen unliebsamen Zwischenfällen vorzubeugen, braucht man nur die Ausschnitte im Schiebebrett reichlich groß und breit fertigen zu lassen. Fürchtet man, es könne sich hierdurch ereignen, daß besonders dünne Bilder geneigte Stellung im Schieberahmen annehmen und die gleichmäßige Schärfe auf dem weißen Schirm leidet (ein Fall, der in der Praxis viel seltener vorkommt, als man glaubt), so braucht man nur im Ausschnitte des Brettes Federn anbringen zu lassen, welche das Bild mit sanftem Druck gegen diejenige Seite des Rahmens, welche dem Kondensor zugekehrt ist, schieben und so das Bild in senkrechter Lage festhalten.

Um Hoch- und Querbilder desselben Plattenformates durcheinander projizieren zu können, ohne den Schieberahmen auszuwechseln, konstruierte man Schiebebretter, die nicht mit zwei, sondern mit vier Ausschnitten (zwei für Hoch- und zwei für Querformat) versehen sind. Allerdings werden die Bretter dadurch sehr lang; doch bewährte sich eine Vorrichtung dieser Art für Plattenformat 9×12 cm bei den Projektionen der „Freien photographischen Vereinigung zu Berlin“ aufs beste.

Bei der Wechselvorrichtung, welche **Leitz** an seinem Universalapparat anbringt, läßt sich die aus Metall gearbeitete rechte und linke, ebenso wie die obere und untere Backe des Rahmens durch eine Hebelvorrichtung derart verstellen, daß derselbe Ausschnitt die verschiedensten Formate — hoch und quer — aufzunehmen vermag.

Eine andere Art des Plattenschiebers, wie sie beispielsweise an den von **Schmidt & Haensch** (Berlin) gefertigten Bildwerfern geliefert wird, ist folgende: Das Schiebebrett besitzt zwei große quadratische Ausschnitte. Die Diapositive werden in besondere quadratische Holzrähmchen mit passenden Ausschnitten gesteckt; diese Holzrähmchen kommen dann in den Ausschnitt des Schiebebrettes. Die Bildhalterausrüstung für einen mit 15 oder 16 cm-Kondensor ausgestatteten Apparat setzt sich also aus folgenden Stücken zusammen (Fig. 26): *a* ist das eigentliche Schiebebrett, in welches die Holzrähmchen *b* bis *g* eingesetzt werden. Jedes dieser Holzrähmchen muß in zwei Exemplaren

vorhanden sein, damit die Vorführung ohne Unterbrechung vor sich gehen kann. Bei 8,5 × 10 cm und 9 × 12 cm läßt sich für Hochformat dasselbe Holzrähmchen benutzen, wie für Querformat. Gleichwohl empfiehlt sich dies nicht; denn steckt man beispielsweise in den Rahmen *e* eine 9 × 12 cm-Platte in Hochformat, so läuft man stets Gefahr, daß beim Hantieren mit dem Holzrähmchen das Glasbild herausgleitet, weil sich nun die Einstecköffnung nicht oben, sondern an der Seite befindet.

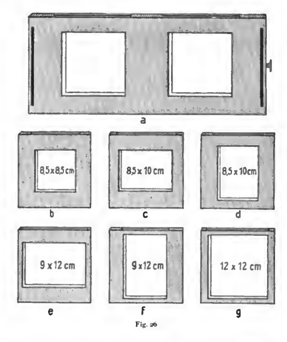


Fig. 26

Die in Fig. 26 dargestellte Vorrichtung ist praktisch, wenn es sich darum handelt, Bilder der verschiedenen Formate in bunter Reihenfolge zu projizieren. Hat man bei demselben Vortrage nur Bilder von derselben Plattengröße und nur Hoch- oder Querformat, so ist der in Fig. 24 dargestellte Schieberahmen einfacher zu handhaben, weil das Einstecken in die Holzrähmchen fortfällt.

Ein Mittelding zwischen der soeben beschriebenen Wechselvorrichtung und dem in Fig. 21 dargestellten Bildhalter ist der in Fig. 27 abgebildete Rahmen, den M. Petzold (Chemnitz) konstruierte: Derselbe wird in der Bildbühne so befestigt, daß der Ausschnitt unmittelbar vor dem Kondensor steht. Man legt die Glasbilder in Holzrähmchen, wie sie in Fig. 26 (*b* bis *g*) abgebildet sind, und schiebt sie in der Pfeilrichtung bei *a* in den Rahmen.

Das nächstfolgende Bild schiebt das bereits projizierte bei *b* wieder hinaus. Man kann also auch hiermit Bilder der verschiedensten Formate in bunter Reihe vorführen. Ein Vorzug dieses Rahmens ist, daß man in demselben genau so, wie bei dem in Fig. 21 dargestellten, auch die eine Hälfte eines stereoskopischen Doppelbildes projizieren kann.

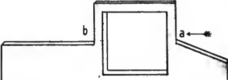


Fig. 27.

Eine Wechselvorrichtung, welche Ähnlichkeit mit derjenigen von Petzold (Fig. 27) hat, ist von O. Treue[1]) erfunden: Jedes einzelne Bild steckt in einem kleinen Rähmchen (Fig. 26, *b* bis *g*); diese Rähmchen sind nach Art eines Leporello-Albums lose miteinander verbunden und lassen sich über die Bildbühne hinwegziehen. Wer 100 Bilder projizieren will, muß 100 Rähmchen haben. Der große Vorzug dieser Einrichtung beruht darauf, daß man in aller Ruhe zu Hause die Bilder in die Rahmen einstecken kann; jede Verwechselung und jedes verkehrte Hineinstecken während der Vorführung bleibt ausgeschlossen. Das Dutzend Rähmchen dieser Art kostet bei Kampehl (Berlin, Potsdamer Straße 35) 6 Mk. Will man hiermit verschiedene Bildformate in bunter Reihe projizieren, so müssen Rähmchen für die verschiedenen Plattengrößen besonders gefertigt und in richtiger Reihenfolge aneinandergefügt sein.

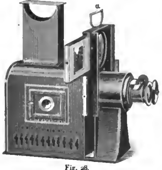


Fig. 28.

Eine Verbindung der senkrechten mit der wagerechten Verschiebbarkeit des Bildträgers ist in Fig. 28 dargestellt: der mittels des Handgriffes *a* senkrecht verschiebbare Rahmen besitzt zwei übereinander angebrachte Führungen für die in wagerechter Richtung verschiebbaren Schiebebretter. Das obere dieser Schiebebretter ist beispielsweise für Hochformat, das untere für Querformat eingerichtet. Störend bei dieser Vorrichtung bleibt, daß die Einsteckötfnungen des unteren Rahmens nur zugänglich sind, wenn der obere Rahmen nach der anderen Seite verschoben ist.

Eine eigenartige Wechselvorrichtung für verschiedene Formate gab Dr. W. Behrens[2]) an. Eine schwarz lackierte Aluminiumplatte (Fig. 29) besitzt zwei kreisförmige Ausschnitte von 13 cm Durchmesser. Über diesen kreisen in Messingführungen *b* zwei bewegliche Aluminiumscheiben *c* durch

1) Photogr. Rundschau 1896, Heft 7, S. 220.
2) Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie 1898, Bd. 15, S. 7.

Fingerdruck auf die Knöpfe d. Diese kreisende Bewegung wird durch die Einschnappfeder e und die Stahlklötze f und f' auf genau 90^0 beschränkt. Die Drehscheiben c haben einen mittleren Ausschnitt von 8×11 cm, an dessen Schmalseiten die Führungsschienen h und h' angeschraubt sind; von diesen ist die längere h innen mit Klemmfeder versehen. In diese Schienen paßt ein Diapositiv von 9×12 cm. Die in der Figur angegebene Stellung links würde einem Querbilde entsprechen. Will man ein Hochbild projizieren, so drückt man den Knopf d nach unten; dabei löst sich der Klotz f von der Feder e und die Scheibe bewegt sich, bis der Klotz f' in e einschnappt, womit das Hochbild die für die Projektion richtige Stellung hat. Sollen Glasbilder kleineren Formates benutzt werden, so schiebt man in $h\,h'$ einen entsprechenden Einsatzrahmen m und fixiert ihn durch Anziehen des Schraubenkopfes k. Auf der rechten Seite der Figur ist ein solcher Rahmen für Bilder $8{,}5 \times 8{,}5$ cm dargestellt.

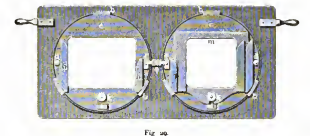


Fig. 29.

Derjenigen von Behrens ähnlich ist die Wechselvorrichtung, welche Darlot[1]) in Paris angab; doch handelt es sich hier nicht um einen Schieberahmen, sondern um eine Vorrichtung, die wie ein Pendel aufgehängt wird.

Ebenfalls eine Abänderung der Einrichtung von Behrens ist diejenige von Friedrich Müller[2]), wo die in Fig. 29 dargestellten, runden Scheiben nicht auf einem Schieber, sondern — vier an der Zahl — auf einer großen, drehbaren Scheibe angeordnet sind. Auf letzterer Scheibe haben also gleichzeitig vier Diapositive verschiedenen Formates Platz.

Das Hinüberlangen über den Apparat, um das Bild auf der anderen Seite in den Schieber einzustecken, wird als unangenehme Belästigung beim Bedienen des Bildwerfers empfunden. Man konstruierte deshalb Einseitbildhalter, bei denen das Einstecken und Herausnehmen der Bilder von derselben Seite aus bewerkstelligt wird. Genannter Zweck läßt sich erreichen, wenn der Bildschieber nicht wagerecht, sondern senkrecht vor dem Kondensor angebracht ist. Durch einschnappende Federn wird der Schieber festgehalten, wenn das obere oder das untere Bild unmittelbar vor der Beleuchtungslinse

1) Bull. Soc. Franç. 1901, S. 496. Eders Jahrbuch für 1902, S. 431.
2) Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie 1900, Bd. 17, S. 163.

steht. Natürlich lassen sich auch hier mit Hilfe der kleinen Holzrähmchen (Fig. 26, *b* bis *g*) die verschiedensten Formate projizieren.

Auf demselben Prinzipe beruht die von J. A. Gordes erfundene, von der Firma Liesegang (Düsseldorf) in den Handel gebrachte Wechselvorrichtung „Velotrop" (Fig. 30). Die Bilder werden oben eingesetzt und durch eine Sperrvorrichtung festgehalten. Zwei Diapositive stehen übereinander: das erste unmittelbar vor dem Kondensor, das andere über demselben. Ist das erste Bild genügend lange projiziert, so bewirkt ein Druck auf die Gummibirne, daß die Sperrvorrichtung ausgelöst wird und beide Bilder herunterfallen. Dabei gelangt das bisher vor dem Kondensor befindliche in den untersten Abschnitt des Wechselrahmens und kann aus demselben von der Seite herausgezogen werden. Das zweite Bild steht nunmehr vor dem Kondensor, und es ist oben Platz für das nächstfolgende frei geworden. Während des ruckweise erfolgenden Wechselns wird das Gesichtsfeld durch zwei Klappen verdunkelt, die sich zwischen Glasbild und Projektionsobjektiv befinden. Mit Hilfe der Rähmchen lassen sich auch hier Bilder der verschiedensten Formate vorführen. Ein Vorzug dieser Wechselvorrichtung ist, daß man die Bilder beim Herausnehmen aus dem Rahmen an der Seite fassen kann, ferner daß der Vortragende selbst (durch Druck auf die Gummibirne) das Erscheinen des neuen Bildes veranlaßt, ohne von demjenigen abhängig zu sein, der das Einstecken und Herausnehmen der Glasbilder besorgt.



Fig. 30.

Eine ähnliche Einrichtung, bei der durch Drehen einer Schraube das vor dem Kondensor stehende Bild fortbefördert wird und dann an die Stelle desselben das nächstfolgende Bild von oben herabfällt, beschrieb schon vor Jahren Mc. Kean (Laterna magica 1884, Heft 1, S. 2).

Recht bequem ist die von Edwart Richter[1]) angegebene, von Zeiß in Jena ausgeführte Wechselvorrichtung, bei der ein Hinüberlangen über den Apparat ebenfalls vermieden wird (Fig. 31). In dem freien Raum zwischen

1) Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie 1903, Bd. 20, S. 132.

Kondensor und Objektiv ist eine drehbare Trommel derart gelagert, daß ihre Achse in gleicher Höhe wie die optische Achse des Projektionssystemes liegt. Der Mantel der Trommel ist von vier, mit geeigneten Rahmen versehenen Öffnungen durchbrochen. In den jeweilig oben befindlichen Rahmen wird das Diapositiv eingelegt und die Trommel dann gedreht, bis das Glasbild senkrechte Lage einnimmt. Sodann können die von dem Beleuchtungssystem kommenden Lichtstrahlen dieses Bild, den Hohlraum der Trommel und die freie Öffnung des gegenüber liegenden Fensters der Trommel durchsetzen, um sich im Objektiv zu vereinigen. Während der Projektion des ersten Bildes wird das nächste Diapositiv in den jetzt oben befindlichen Rahmen eingelegt und die Trommel abermals um 90° gedreht. Dadurch gerät das erste Bild in die wagerechte Lage unter der Trommel und fällt heraus auf eine dicke Filzplatte; zu gleicher Zeit tritt das zweite Diapositiv an die bisher vom ersten eingenommene Stelle; später folgen die anderen Bilder in gleicher Weise.

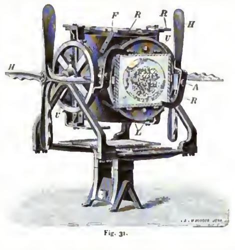


Fig. 31.

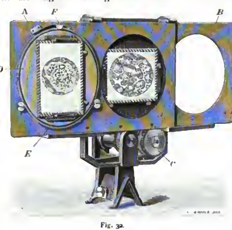


Fig. 32.

Die im nachfolgenden beschriebene, von Berger angegebene Wechselvorrichtung (Fig. 32) wird ebenfalls von Zeiß ausgeführt. Auf der Bildbühne sind zwei Schieber *A* und *B* in geringem Abstande voneinander angebracht. Jeder besitzt zwei kreisrunde Fenster, und der Spielraum der Bewegung, welche diese Schieber ausführen können, ist so bemessen, daß stets ein Fenster genau in der Mitte steht, wenn der Schieber am Ende seiner Bahn angelangt ist. Durch das Räderwerk *C* sind beide Schieber so mit-

einander verkuppelt, daß sie sich immer gleichzeitig und in entgegengesetzter Richtung bewegen. Die Schieber führen außerdem, während sie aneinander vorbeigleiten, noch eine zweite Bewegung aus: sie werden durch das Räderwerk mit dem Träger zusammen parallel zur Längsrichtung des Apparates verschoben. Die Strecke, welche sie dabei durchlaufen, ist gleich ihrem gegenseitigen Abstande. Bei der in Fig. 32 angenommenen Stellung befindet sich der Träger an dem dem Beschauer zugewandten Ende seiner Bahn; geht man zur anderen Stellung über, so entfernt er sich vom Beobachter. Da die Strecke, welche der Träger hierbei zurücklegt, gleich dem Abstande der beiden Schieber ist, so rückt das linke Fenster des vorderen Schiebers nun genau an dieselbe Stelle, wo vorher das linke Fenster des hinteren Schiebers gestanden hatte; der Abstand der beiden linken Fenster vom Projektionsobjektiv und vom Kondensor ist also in beiden Fällen gleich. Die Drehscheiben gestatten schnellen Übergang vom Hoch- zum Querformat.

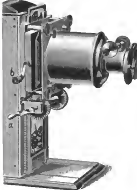


Fig. 33.

Beide in Fig. 31 u. 32 dargestellten Vorrichtungen haben neben großen Vorzügen einige Nachteile. Die Wechselvorrichtung nach Berger (Fig. 32) erfährt insofern eine Beschränkung hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit, als durch ihre Konstruktion die Seite, auf welcher sich die den Apparat bedienende Person aufzustellen hat, bestimmt ist (auf der linken Seite). Wenn die Bedienung nach Belieben von der einen oder von der anderen Seite stattfinden soll, ist daher die Richtersche Konstruktion (Fig. 31) vorzuziehen.

Bei der Wechselvorrichtung nach Richter ist man dagegen beschränkt in der Wahl der Objektive, insofern als ausnahmsweise kurze, unter Umständen auch ausnahmsweise lange Brennweiten ausgeschlossen sind. Bei den Ausmessungen der oben beschriebenen Ausführung darf die Brennweite des Objektives nicht weniger als 20 cm betragen, weil sich sonst der Körper nicht mehr drehen läßt. Nach oben ist die Brennweite in der Regel nicht begrenzt, wenn nur Diapositive gleicher Größe in gleicher Stellung projiziert werden; andernfalls kann eine Abblendung des vom Diapositiv zum Objektiv gehenden Strahlenkegels dann eintreten, wenn dieser, wie es bei Objektiven von sehr langer Brennweite der Fall ist, nicht so stark konvergiert, daß er vollkommen frei durch den Ausschnitt der leeren, zwischen Diapositiv und Objektiv stehenden Drehscheibe hindurchzutreten vermag.

Der Wunsch, eine möglichst schnelle und ununterbrochene Wechselung der Bilder zu ermöglichen, gab zu verschiedenen Konstruktionen Veranlassung, von denen wir einige kurz erwähnen wollen. Bei der in Fig. 33 dargestellten Vorrichtung werden die Bilder unterhalb des Kondensors in Nuten gebracht und nun durch Umdrehung der Kurbel *a* in die Höhe gehoben, bis sie vor

dem Kondensor von Federn erfaßt und im Fokus gehalten werden. Bei weiterer Drehung derselben Kurbel kommen die Bilder oben zum Vorschein und werden herausgenommen. Durch die Kurbel *b* wird das Gesichtsfeld verdunkelt, während die Kurbel *a* gedreht wird. Genannte Wechselvorrichtung wird von Unger & Hoffmann (Dresden) in den Handel gebracht.

Die von Allen (Laterna magica Nr. 60, S. 72) angegebene Wechselvorrichtung ähnelt dem in Magazinkameras vorhandenen Mechanismus, wo die Platten durch einen einzigen Handgriff ausgewechselt werden. Die Glasbilder befinden sich, bis 50 an der Zahl, in einem Nutenkasten unterhalb des Bildwerfers. Dreht man eine Kurbel, so spielt sich folgender Vorgang ab: Das erste Glasbild wird aus dem Nutenkasten gehoben und vor den Kondensor gebracht; sobald dies geschehen, öffnet sich der Objektivverschluß, und das Bild wird auf dem weißen Schirm sichtbar. Bei der zweiten Drehung der Kurbel schließt sich der Objektivdeckel, das vor dem Kondensor befindliche Bild wird in den Nutenkasten zurückbefördert, der Kasten eine Nummer vorgeschoben, das nächste Bild aus dem Kasten gehoben und in die Bildbühne gebracht und schließlich der Objektivverschluß geöffnet. Derselbe Vorgang spielt sich in gleicher Weise bei jeder folgenden Drehung der Kurbel ab. Das alles geht so schnell, daß man 50 Bilder in einer Minute vorführen kann.

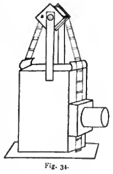


Fig. 34.

Bei einer von Simpson (Laterna magica Nr. 60, S. 74) angegebenen Konstruktion werden die Bilder der Reihe nach in federnde Halter gesteckt, welche durch eine endlose Kette vereinigt sind. Die Kette läuft unterhalb der Bildbühne über eine Achse und wird durch einen Mechanismus weiterbewegt, so daß ein Bild nach dem anderen nach oben kommt. Das oben stehende Bild wird durch einen Hebel mit zwei Gummirollen, der von oben her wirkt, in die richtige Lage gebracht. Während des Wechselns hebt der Mechanismus den Hebel empor, so daß das Bild frei wird und sich mit der Kette weiter bewegen kann. Der Wechselvorgang wird durch eine Blende verdeckt. Der Mechanismus kann, wie beim Velotrop, auf beliebige Entfernung hin in Tätigkeit gesetzt werden.

Das in Frankreich hergestellte Taxiphote ist ein Betrachtungsapparat für stereoskopische Glasbilder, welcher in seinem Inneren zum schnellen Auswechseln der Bilder eine der bekannten Revolvervorrichtung ähnliche Anordnung besitzt. Dieser Kasten läßt sich auch zur Projektion der Glasbilder verwenden: die eine der beiden stereoskopischen Bildhälften wird verdeckt und der Kasten mit einem Gehäuse in Verbindung gebracht, welches die Lichtquelle und die Beleuchtungslinsen birgt. Durch Drehen an einer Kurbel wird das zu projizierende Bild vor das Objektiv befördert. Sind die 25 Diapositive, welche das Taxiphote zu beherbergen vermag, vorgeführt, so schiebt man unten ein neues Plattenbewahrkästchen mit 25 Bildern ein und das Drehen

beginnt von neuem. Wer es beim Projizieren eilig und außerdem viel Geld übrig hat, mag sich dieses Spielzeuges bedienen.

Schnellwechselvorrichtungen sind keineswegs eine Errungenschaft der Neuzeit. Schon vor mehr als 25 Jahren hat Thomson etwas Ähnliches konstruiert (Fig. 34). Die Bilder waren auf der rings um den Apparat und vor dem Kondensor vorbeilaufenden Doppelkette befestigt. Durch Drehen des viereckigen Klotzes *a* bewegt man die Kette um eine Bildlänge vorwärts.

Dergleichen verwickelte Wechselvorrichtungen haben sich bisher nirgends eingebürgert und werden sich auch in Zukunft nicht einbürgern. Der hohe Preis derselben steht in keinem Verhältnis zu den damit gewonnenen Vorteilen. Auch ist bei komplizierten Einrichtungen stets die Gefahr vorhanden,

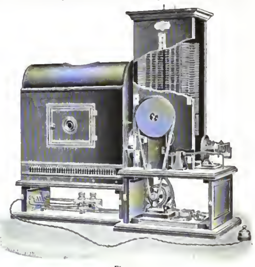


Fig. 35.

daß dieselben während der Projektion in Unordnung geraten und die Vorstellung in unliebsamer Weise unterbrechen. Die einfachste Wechselvorrichtung, welche gestattet, Bilder der verschiedensten Formate vorzuführen, bleibt die beste.

Für automatische Lichtbildreklame, wie sie sich jetzt zumal in großen Städten immer mehr einbürgert, konstruierte Liesegang in Düsseldorf einen Apparat mit selbsttätiger Bildwechselung (Fig. 35). Zum Betriebe ist elektrischer Strom notwendig. Um die Vorrichtung in Betrieb zu setzen, braucht man nur einen Schalter zu schließen, genau wie man eine elektrische Lampe einschaltet. Die im Magazin vorhandenen 60 Bilder wandern der Reihe nach vor den Kondensor und bleiben dort kurze Zeit stehen, um dann durch ein neues Bild abgelöst zu werden. Irgendwelche Beaufsichtigung ist hierbei nicht nötig. Dieselbe Wechselvorrichtung, aber nicht mit automatischem

Antrieb, sondern mit Antrieb durch Kurbel, liefert Liesegang auch für jeden anderen Bildwerfer. Ferner ist Vorsorge getroffen, daß der Vortragende von seinem Platze aus durch Druck auf einen Knopf das Auswechseln der Bilder besorgen kann.

Mit Stillschweigen können wir über diejenigen Bildhalter hinweggehen, welche zu den früher so beliebten Verwandlungen und Farbenspielen dienen. Durch die gewaltigen Fortschritte der Photographie, insbesondere durch Erfindung des Kinematographen, sind die alten Bewegungs- und Verwandlungsbilder, welche vor Jahrzehnten ein anspruchsloses Publikum ergötzten, in die Kinderstube zurückgedrängt.

Das Projektionsobjektiv
und die Wechselbeziehungen zwischen Objektiv und Kondensor.

Das zur Projektion benutzte Objektiv hat dem Glasbilde gegenüber andere Aufgaben zu erfüllen, als z. B. ein photographisches Objektiv, mit dem man ein vorhandenes Papierbild vergrößern will. Bei letzterem muß, um haarscharfe Vergrößerung zu erzielen, die Korrektion möglichst gut sein, weil die von demselben Bildpunkte ausgehenden Strahlen auf jeden Teil der Linse fallen und wieder auf denselben Punkt im vergrößerten Bilde hingeleitet werden. Das zu projizierende Glasbild wird dagegen in ganz bestimmter Richtung von den von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen durchsetzt, und die Strahlen, welche einen bestimmten Punkt des Diapositives passiert haben, fallen (durch die Bildschicht mehr oder minder geschwächt) auf einen bestimmten Punkt der Linse. Diejenigen Strahlen z. B., welche die Mitte des Diapositives passierten, gelangen nur auf die Mitte des Projektionsobjektives — vorausgesetzt, daß man mit einer punktförmigen Lichtquelle arbeitet. Daraus ergibt sich, daß für Projektionsobjektive besonders gute Korrektion nicht unbedingt erforderlich ist. Allerdings muß die Farbenzerstreuung beseitigt sein, weil sonst das Bild auf der weißen Wand Farbensäume zeigen würde.

Bei flächenhaften Lichtquellen (z. B. Petroleum- und Auerlicht, in geringerem Grade schon bei Kalklicht) liegen die Verhältnisse verwickelter: jeden Punkt des Glasbildes durchsetzt ein Bündel von Strahlen, die sich nach den verschiedensten Richtungen hin durchkreuzen und deren Öffnungswinkel von der Größe der Lichtquelle abhängt. Infolgedessen hat auch jedes Bündel der Strahlen, welche die Projektion bewirken, einen Öffnungswinkel, welcher mit dem Wachsen der Lichtquelle an Größe zunimmt. Hier liefern die bestkorrigierten Objektive schärfere Bilder als mangelhaft korrigierte; jedoch erreicht das mit der flächenhaften Lichtquelle erzeugte Bild niemals die vollendete Schärfe, welche ein mit punktförmiger Lichtquelle hervorgebrachtes zeigt.

Neben der besprochenen findet, worauf wir schon früher (S. 8) aufmerksam machten, noch eine andere Art der Abbildung des Diapositives durch

das Projektionsobjektiv statt: jeder von Lichtstrahlen durchsetzte Punkt des Glasbildes sendet Strahlen nach sehr verschiedenen Richtungen hin; das Diapositiv wirkt in Bezug auf das Objektiv hier also genau so, wie ein hell beleuchtetes Papierbild, welches wir vergrößern wollen, und ein gut korrigiertes Objektiv muß eine wesentlich bessere Vergrößerung auf dem weißen Schirm geben, als ein mangelhaft korrigiertes. Hierzu ist jedoch zu bemerken, daß diese zweite Art der Abbildung des Diapositives ein sehr viel lichtschwächeres Bild liefert, als die oben besprochene erste Art, und daß es daher nicht nötig ist, aus Rücksicht auf diese zweite Art der Abbildung für die Projektion ein besonders kostbares Objektiv zu wählen.

In Bezug auf Ebenheit des Bildfeldes und Randschärfe behalte man folgendes im Auge: Bei der Projektion liegen die Verhältnisse umgekehrt, wie bei der photographischen Aufnahme; wir können uns vorstellen, daß das Bild auf dem weißen Schirm die Landschaft ist, welche wir aufnehmen wollen; unser Glasbild entspricht dem Negativ der photographischen Kamera. Da nun bei der Projektion das Bildformat zwischen 7×7 und 11×11 cm schwankt, so hat das Objektiv nur eine kleine Platte auszuzeichnen und leistet dies um so leichter, als es sich der Regel nach um Objektive von erheblicher Brennweite handelt.

Das Mehr an geschnittener Schärfe, welches sich auf der weißen Wand durch Benutzung teuerster Objektive überhaupt erzielen läßt, kommt dem Zuschauer kaum zur Wahrnehmung, weil er sich in viel zu großer Entfernung vom Bilde befindet.

Gegen die Anwendung der teuersten Objektive spricht der Umstand, daß dieselben bei der Projektion gefährdet werden. Da man nämlich das Objektiv dort aufstellt, wo die vom Kondensor kommenden Strahlen zusammenlaufen, so ist hier, wenigstens bei elektrischem Bogenlicht, die Erwärmung sehr groß, und wenn man nicht eine Kühlkammer anwendet, sn schwebt das Objektiv in beständiger Gefahr, daß der die Linsen verbindende Kanadabalsam schmilzt oder gar die Linsen springen. Objektive mit nicht verkitteten Linsen sind daher vorzuziehen.

Das Objektiv ist am Bildwerfer so anzubringen, daß diejenige Seite, welche bei der photographischen Aufnahme dem aufzunehmenden Gegenstande zugekehrt ist, bei der Projektion dem weißen Schirm zugewendet wird. Um schnell scharf einstellen zu können, muß die Fassung mit Zahn und Trieb versehen sein. Scharfeinstellung mittels einfacher Schiebhülse oder Spiralführung ist bei weitem nicht so bequem, wie diejenige mit Zahn und Trieb, und gibt leicht zu ruckweisem Verschieben des Objektives Veranlassung. Um ohne weiteres Objektive mit verschiedenen Brennweiten benutzen zu können, ist die Einrichtung zweckmäßig, wie sie in Fig. 6 (S. 7) dargestellt ist.

Für die Aufstellung des Projektionsobjektives wird allgemein als Regel angegeben, daß das Objektiv so anzubringen sei, daß seine Blendenebene

mit dem Schnittpunkte[1]) der vom Kondensor kommenden Strahlen zusammenfällt. Diese Regel ist nicht ganz richtig. Vielmehr soll der Kondensor zusammen mit der Vorderlinse[2]) des Objektives (d. h. also derjenigen Linse, welche dem Kondensor zugekehrt ist) in der Blendenebene des Objektives ein Bild der Lichtquelle erzeugen[3]). Das Bild der Lichtquelle, welches der Kondensor für sich allein entwirft, wird dann nach Wegnahme des Objektives nicht an der Stelle liegen, wo sich die Objektivblende befand. Liegt der Schnittpunkt der Strahlen außerhalb der Blendenebene, so leidet besonders die Randschärfe des Bildes, weil nunmehr dieser Schnittpunkt die Rolle der Blende übernimmt und das Objektiv für eine derartige Blendenstellung nicht korrigiert ist.

Wie in dem Abschnitte über die Beleuchtungslinsen erörtert, liegen die Verhältnisse am günstigsten, wenn die Strahlen innerhalb des Kondensors achsenparallel sind. Diese Forderung, in Verbindung mit derjenigen, daß sich die Strahlen in der Blendenebene des Objektives schneiden sollen, bedingt ein Abhängigkeitsverhältnis der Brennweite des Projektionsobjektives von derjenigen des Kondensors. Da wegen der unvermeidlichen Dicke des Bildhalters das Diapositiv ungefähr in 1 cm Entfernung von der Hinterlinse des Kondensors sich befindet und der weiße Schirm nicht in unendlicher Entfernung vom Projektionsobjektiv aufgestellt ist, so müßte, damit das Licht im Kondensor achsenparallel bleibt, die Brennweite des Objektives um durchschnittlich 2 bis 3 cm geringer sein, als die Brennweite der Hinterlinse des Kondensors. Man bezog die Brennweite des Objektives auch auf die Gesamtbrennweite des Kondensors. Bei dem zweiteiligen, aus zwei gleichen plankonvexen Linsen bestehenden Kondensor würde die Brennweite des Objektives etwas kürzer sein müssen, als die doppelte Brennweite des Kondensors; bei dem dreiteiligen trifft dies nicht zu, und hier ist nur die Brennweite der Hinterlinse maßgebend.

Wir werden im folgenden sehen, daß das von der Theorie geforderte Abhängigkeitsverhältnis in Wirklichkeit ein überaus lockeres ist, und daß man trotz der entgegenstehenden theoretischen Bedenken ohne großen Schaden beinahe jede Objektivbrennweite mit jedem Kondensor benutzen kann.

Der vom Kondensor kommende Lichtkegel soll (wie dies schon Pizzighelli in seinem „Handbuche der Photographie" 1891, Bd. 1, S. 393, richtig angibt) die Vorderlinse des Objektives eben bedecken. Wird genannte Vorderlinse von dem Lichtkegel nicht voll bedeckt oder reicht der Lichtkegel erheblich

1) Streng genommen kann man hier nicht von einem bestimmten Schnittpunkte der Strahlen sprechen, weil wir es bei Kondensoren mit nicht korrigierten Linsen von großem Durchmesser zu tun haben, bei denen auf der Achse eine große Anzahl von Schnittpunkten hintereinander liegt. Als „Schnittpunkt" rechnet man am besten die engste Einschnürung des Strahlenkegels und nicht die weiter von der Linse entfernt liegende Spitze desselben, wo die Achsenstrahlen das Bild der Lichtquelle entwerfen. In stauberfüllter Luft, noch besser in einer Wolke von Tabaksrauch, läßt sich der Ort der engsten Einschnürung deutlich erkennen.

2) Über „Vorderlinse" und „Hinterlinse" vergl. die Fußnote auf Seite 10.

3) Das Bild der Lichtquelle entsteht bekanntlich im Schnittpunkte der Strahlen.

über die Ränder derselben hinaus, so lassen Randschärfe und gleichmäßige Helligkeit auf dem weißen Schirm zu wünschen übrig[1]).

Man behauptete, daß, wofern die Vorderlinse des Objektives von dem Strahlenkegel nicht ganz bedeckt wird, man die hieraus sich ergebenden Nachteile dadurch verbessern könne, daß man vor der Vorderlinse eine Blende anbringt. Abgesehen von der theoretischen Unmöglichkeit einer Verbesserung der Lichtverhältnisse durch eine solche Blende lehrt der einfache Versuch, daß durch diese Blende nichts weniger als Verbesserung der Lichtverhältnisse herbeigeführt wird.

Die beiden Forderungen, daß zur Erzeugung größter Schärfe und bester Helligkeit erstens die Strahlen in der Blendenebene des Objektives sich schneiden sollen, zweitens der vom Kondensor kommende Strahlenkegel die Vorderlinse des Objektives eben bedecken soll, lassen sich nicht immer gleichmäßig erfüllen, denn es spielen hier zwei Faktoren eine maßgebende Rolle: Brennweite und Linsendurchmesser. Um z. B. der Forderung 2 zu genügen. müßte ein Objektiv von größerem Linsendurchmesser näher an den Kondensor herangerückt werden, als ein gleichbrennweitiges von kleinerem Linsendurchmesser. Natürlich würde bei diesem Näherrücken der Schnittpunkt der Strahlen nicht mehr in der Blendenebene des Objektives verbleiben. Bedenkt man fernerhin, daß bei gleicher Brennweite und gleichem Linsendurchmesser der Objektive die längere oder kürzere Bauart der letzteren Abweichung in der Stellung herbeiführen muß, daß fernerhin ein Kondensor mit größerem Linsendurchmesser einen breiteren Lichtkegel zum Objektiv sendet, als ein solcher mit kleinerem Linsendurchmesser, so sieht man, daß hier die Verhältnisse recht verwickelt liegen und allen Anforderungen nicht leicht zu genügen ist.

Beim Bau von Bildwerfern, welche das allerbeste leisten sollen, wird der Optiker von vornherein bei Beleuchtungslinsen und Projektionsobjektiven die Auswahl so treffen, daß alles genau stimmt und alle Forderungen erfüllt sind. Freilich bleibt dann wieder Voraussetzung, daß der Bildwerfer seinen festen Platz hat und die Projektion nur bei bestimmtem Abstande des weißen Schirmes stattfindet. Denn bei Veränderungen dieses Abstandes muß auch die Stellung des Projektionsobjektives geändert werden.

In Wirklichkeit stellen sich nun die Verhältnisse so, daß obige theoretische Forderungen nicht aufs genaueste erfüllt zu werden brauchen. Freilich erleidet dann das Bild auf dem weißen Schirm Einbuße; dieselbe spielt aber keine so erhebliche Rolle, daß man deshalb zu den alle Forderungen erfüllenden und daher natürlich recht teueren Apparaten greifen müßte. Durch Verschieben der Lichtquelle wird man stets erreichen, daß die oben aufgestellten Forderungen wenigstens annähernd erfüllt werden. Dabei bleibt das Hauptaugenmerk darauf zu richten, daß die Helligkeit auf dem weißen Schirm möglichst gut ist. Ein wenig mehr Unschärfe, besonders in den Randzonen des Bildes, wird kaum störend empfunden, und jeder schätzt ein

1) Vergleiche hierüber den Abschnitt über Zentrierung der Lichtquelle.

recht helles, wenn auch nicht geschnitten scharfes Projektionsbild weit höher, als ein haarscharfes, aber lichtschwaches.

Bei Vergrößerungsapparaten liegen selbstverständlich die Verhältnisse genau so, wie beim Bildwerfer. Aus ohigen Ausführungen wird verständlich, weshalb mancher Vergrößerungsapparat, trotz Verwendung eines erstklassigen Objektives, doch nicht die geschnittene Schärfe liefert, welche man bei Vergrößerungen unbedingt verlangt.

Wie bemerkt, ist Verschiebung der Lichtquelle das geeignetste Mittel, um bei verschiedenen Linsendurchmessern und verschiedenen Brennweiten den oben genannten Forderungen annähernd gerecht zu werden. Hierbei muß es sich natürlich ereignen, daß das Licht im Kondensor nicht achsenparallel bleibt. Wir wollen nun an der Hand einiger Beispiele untersuchen, oh durch letztgenannten Umstand erhebliche Nachteile entstehen und wie sich bei gegebenem Kondensor durch die notwendige Verschiebung der Lichtquelle die Lichtverhältnisse ändern, wenn man die Brennweite der Objektive oder ihren Linsendurchmesser ändert. Zuerst nehmen wir den Linsendurchmesser des Objektives als unverändert an und wechseln nur mit der Brennweite.

Unser dreiteiliger Kondensor, an dem wir die Prüfung vornehmen, hat 16 cm Linsendurchmesser und eine Gesamthrennweite von 12 cm; hei achsenparallelem Licht zwischen den plankonvexen Linsen ist der Brennpunktabstand von der planen Fläche der plankonvexen Hinterlinse 28 cm. Die zusammenfallend gedachten Hauptpunkte[1]) des Kondensors liegen 5 cm von der dem Objektiv zugekehrten planen Fläche und 6,5 cm von der Vorderfläche der Meniskuslinse entfernt. Wir benutzen mit diesem Kondensor zuerst ein Objektiv, welches richtig aufgestellt[2]) einen solchen Ahstand vom Kondensor hat, daß die Strahlen zwischen den plankonvexen Beleuchtungslinsen achsenparallel sind, daß die Lichtquelle also einen Abstand v von der Meniskuslinse von 12,4 cm erhält und der Durchmesser der wirksamen Öffnung (siehe S. 11, Fußnote) der Meniskuslinse 12 cm beträgt[3]). Nehmen wir an, die Brennweite

1) Die beiden Hauptpunkte — von deren einem der Gegenstand und von deren anderem das Bild unter demselben Winkel gesehen wird — liegen beim symmetrisch gebauten zweiteiligen (nicht aber beim dreiteiligen) Kondensor in der Mitte des Kondensors.

2) D. h. so, daß der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Vorderlinse eben bedeckt. Um die nachfolgenden Rechnungen möglichst zu vereinfachen, setzen wir voraus, daß, wenn der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Vorderlinse eben bedeckt, sich die Strahlen in der Blendenebene des Objektives schneiden.

3) Der Abstand v wird berechnet aus der Formel $x = \frac{y \cdot f_1}{y - f_1}$, wobei f_1 die Brennweite des Kondensors (also 12 cm), y den Abstand des Schnittpunktes der aus dem Kondensor austretenden Strahlen von dem Hauptpunkte des Kondensors (also 28 + 5 = 33 cm) und x den Abstand der Lichtquelle von dem Hauptpunkte des Kondensors (also $v + 6{,}5$ cm) bezeichnet.

$$x = \frac{33 \cdot 12}{33 - 12} = 18{,}9; \quad v = 18{,}9 - 6{,}5 = 12{,}4 \text{ cm.}$$

eines Objektives, welches diese Bedingung bei einem Abstande des weißen Schirmes von 7 m[1]) erfüllt, sei 26 cm.

Nunmehr verwenden wir ein Objektiv mit gleichem Linsendurchmesser, aber von 35 cm Brennweite. Der Abstand des weißen Schirmes bleibt derselbe (7 m). In diesem Falle bleibt der Hauptpunkt des Objektives vom Diapositiv 36,8[2]) cm, von der planen Hinterfläche des Kondensors 37,8 cm (da der Abstand des Diapositives vom Kondensor 1 cm beträgt) und von dem Hauptpunkte des Kondensors 37,8 + 5 = 42,8 cm entfernt. Die Lichtquelle erhält demnach einen Abstand v von der Meniskuslinse von 10,2 cm. Der Durchmesser der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt in diesem Falle 10,7 cm. Hieraus ergibt sich, daß die vom Kondensor in Verbindung mit Objektiv von 35 cm Brennweite aufgenommene Lichtmenge zu der vom Kondensor in Verbindung mit Objektiv von 26 cm Brennweite aufgenommenen Lichtmenge sich verhält wie 1,19 : 1 (siehe S. 17)[3]). Die Lichtverhältnisse liegen also bei dem Objektiv mit der längeren Brennweite etwas günstiger. Eine weitere erhebliche Vergrößerung der Brennweite ist schon deshalb ausgeschlossen, weil man dann mit der Lichtquelle zu nahe an die vordere Beleuchtungslinse herangehen müßte.

Nunmehr der zweite Fall, wo bei gleichem Objektiv-Linsendurchmesser die Brennweite des Objektives kleiner ist, als sie sein müßte, um achsenparalleles Licht zwischen den plankonvexen Beleuchtungslinsen zu haben. Das Objektiv habe 20 cm Brennweite. Bei demselben Abstande des weißen Schirmes vom Objektiv (7 m) bleibt der Hauptpunkt des Objektives vom Diapositiv 20,6 cm, von der planen Hinterfläche des Kondensors also 21,6 cm und von dem Hauptpunkte des Kondensors 26,6 cm entfernt. Die Lichtquelle erhält

1) Ändert sich der Abstand des weißen Schirmes, so ändert sich der Abstand des Objektives vom Diapositiv und demgemäß auch der Abstand der Lichtquelle vom Kondensnr. Der Unterschied ($b - f$) zwischen Abstand des Hauptpunktes (der Blendenebene) des Objektives vom Diapositiv b und Brennweite des Objektives f ergibt sich aus folgender Formel: $b - f = \frac{f^2}{a - f}$, in der a den Abstand der Blendenebene des Objektives von der weißen Wand bedeutet.

2) $b - f = \frac{f^2}{a - f} = \frac{35 \cdot 35}{700 - 35} = 1,8$ cm.

3) Stillschweigende Voraussetzung ist hierbei, daß, wie dies in der Regel zutrifft, das Objektiv mit längerer Brennweite auch etwas länger gebaut ist, wie dasjenige mit kürzerer Brennweite; denn die Rechnungen, durch welche bei gegebenem Abstande des weißen Schirmes und gegebener Brennweite des Objektives der Abstand des letzteren vom Diapositiv und Kondensor ermittelt wird, beziehen sich stets auf den Hauptpunkt und nicht auf die Vorderlinse des Objektives. Liegt bei demselben Kondensor der Schnittpunkt der Strahlen von der Hinterfläche des Kondensors weiter entfernt — wie dies bei Objektiven von längerer Brennweite notwendig wird —, so ist der Durchmesser des Strahlenkegels in gleichem Abstande von diesem Schnittpunkte kleiner. Man sieht also, daß, will man die in Frage stehenden Verhältnisse richtig beurteilen, viele Dinge zu berücksichtigen sind. Auf der anderen Seite darf man nicht vergessen, daß der Durchschnitt des Strahlenkegels selbst bei der punktförmigen Lichtquelle niemals ein scharf begrenzter Kreis ist, daß also geringfügige Unterschiede im Abstande der Vorderlinse des Objektives vom Kondensor keine Rolle spielen.

demnach einen Abstand v von der Meniskuslinse von 15,4 cm. Der Durchmesser der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt in diesem Falle 13 cm. Hieraus ergibt sich, daß die vom Kondensor in Verbindung mit Objektiv von 26 cm Brennweite aufgenommene Lichtmenge zu der vom Kondensor in Verbindung mit Objektiv von 20 cm Brennweite aufgenommenen Lichtmenge sich verhält wie 1,29 : 1. Die Lichtverhältnisse gestalten sich also bei Benutzung von Objektiven mit kurzer Brennweite ungünstig. Gleichzeitig tritt hierbei eine unangenehme Erscheinung auf: die Strahlen konvergieren bereits im Kondensor, bevor sie die Hinterfläche der hintersten Beleuchtungslinse erreichen. Infolgedessen kann es sich ereignen, daß es nicht mehr gelingt, das zu projizierende Diapositiv bis in die Ecken gleichmäßig zu erleuchten. In dem soeben besprochenen Falle hat z. B. die wirksame Öffnung der Kondensorhinterlinse bei Benutzung des Objektives von 20 cm Brennweite nur noch einen Durchmesser von 14 cm, so daß man damit Diapositive im Format 9 × 12 cm überhaupt nicht mehr projizieren kann.

Als Regel ergibt sich also, daß man bei demselben Kondensor und bei gleich bleibendem Durchmesser der Objektivlinsen wohl Objektive von längerer, nicht aber von kürzerer Brennweite, als einer solchen, die erforderlich ist, um achsenparalleles Licht im Kondensor zu haben, benutzen darf.

Betrachten wir nunmehr den Fall, wo bei gleichbleibender Objektivbrennweite der Durchmesser der Objektivlinsen wechselt: Man muß die Lichtquelle um so mehr von der Kondensorlinse abrücken, je kleiner der Durchmesser der Objektivlinsen ist. Hierbei geht unter allen Umständen Licht verloren, und es tritt leicht der Fall ein, daß die Diapositive nicht mehr gleichmäßig bis in die Ecken beleuchtet werden. Wächst dagegen der Linsendurchmesser des Objektives, so muß man die Lichtquelle näher an die Kondensorlinse heranrücken, damit (bei gleichbleibendem Abstande des Objektives vom Kondensor) der vom Kondensor kommende Lichtkegel dort den nötigen Durchmesser hat, wo er auf die vordere Objektivlinse trifft. Ein Teil der hierdurch gewonnenen Lichtmenge geht aber dadurch wieder verloren, daß die wirksame Öffnung der Vorderlinse kleiner wird. Wir sahen bei unseren früheren Beispielen, daß bei 15,4 cm Abstand der Lichtquelle von der Meniskuslinse der Durchmesser der wirksamen Öffnung der letzteren 13 cm, dagegen bei 10,2 cm Abstand der Lichtquelle von der Meniskuslinse der Durchmesser der wirksamen Öffnung derselben nur 10,7 cm beträgt. Das sind sehr ins Gewicht fallende Unterschiede. Beispiel: Die Vorderlinse eines Objektives von 20 cm Brennweite stehe in Entfernung von 17,5 cm von der Hinterfläche des Kondensors und habe einen Durchmesser von 3 cm. Die Lichtquelle hat einen Abstand von 15,4 cm von der Meniskuslinse; der Durchmesser der wirksamen Öffnung der letzteren beträgt 13 cm. Nunmehr ersetzen wir das Objektiv durch ein solches von gleicher Brennweite, aber mit einem Linsendurchmesser von 8,3 cm (der Abstand der Vorderlinse des Objektives vom Kondensor bleibt derselbe). Damit nun der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Vorderlinse eben bedeckt, muß die Lichtquelle bis auf 10,2 cm an die Meniskuslinse herangerückt werden. Der Durchmesser

der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt in diesem Falle 10,7 cm. Die vom Kondensor in Verbindung mit dem Objektiv von 3 cm Linsendurchmesser aufgenommene Lichtmenge verhält sich also zu der vom Kondensor in Verbindung mit dem Objektiv von 8,3 cm Linsendurchmesser aufgenommenen Lichtmenge wie 1 : 1,54. Allzu bedeutend ist daher der Lichtzuwachs durch Benutzung des Objektives mit den sehr viel größeren Linsen nicht. Insbesondere darf man nicht glauben, daß das Objektiv von 8,3 cm Linsendurchmesser, welches ungefähr eine achtmal so große Linsenoberfläche hat, wie dasjenige von 3 cm Linsendurchmesser, achtmal mehr Licht auf den weißen Schirm wirft.

Aus obigen Erörterungen geht hervor, daß die Lichtverhältnisse stets ungünstiger werden, wenn infolge von zu kurzer Brennweite oder zu kleinem Linsendurchmesser des Objektives die Lichtquelle weiter vom Kondensor entfernt aufgestellt werden muß, als es notwendig ist, um achsenparalleles Licht im Kondensor zu haben, daß es dagegen mäßigen Lichtgewinn bringt, wenn die Lichtquelle näher am Kondensor steht, als dies für achsenparalleles Licht erforderlich ist.

Ist man durch die Verhältnisse gezwungen, ein Objektiv mit kurzer Brennweite anwenden zu müssen, so suche man die hierdurch herbeigeführten Lichtverluste dadurch herabzumindern, daß man ein solches mit großem Linsendurchmesser verwendet. Langbrennweitige Objektive mit großem Linsendurchmesser liefern stets die günstigsten Lichtverhältnisse.

Die für frei gestrahltes Licht gültige Regel, daß die Helligkeit proportional dem Quadrate der Entfernung abnimmt, findet für die besonderen Verhältnisse beim Bildwerfer keine Anwendung, d. h. das von einem langbrennweitigen Objektiv entworfene Bild auf dem weißen Schirm ist deshalb nicht dunkler, als ein gleich großes, von einem kurzbrennweitigen Objektiv entworfenes, weil im ersteren Falle der Apparat weiter vom weißen Schirm entfernt steht. Vergrößert man dagegen ein Bild von z. B. 2 m Seitenlänge durch Zurückschieben desselben Apparates auf ein solches von 4 m Seitenlänge, so ist letzteres viermal lichtschwächer, weil sich die vom Apparat entsandte Lichtmenge nunmehr auf einen viermal größeren Flächenraum verteilt.

Es gibt eine Methode, nach der man ohne Lichtverluste kurzbrennweitige Objektive bei Kondensoren mit langer Brennweite anwenden kann. Dieselbe findet z. B. bei den von der Firma **Zeiß** gelieferten Bildwerfern (siehe Fig. 19, S. 22) Anwendung und besteht darin, daß — bei unverändertem Stande der Lichtquelle und des zweilinsigen Vorderteiles des Kondensors[1]) — der einlinsige Hinterteil des letzteren verschiebbar ist. Will man hierbei Objektive von kürzerer Brennweite benutzen, so schiebt man (wenn nötig nach Herausnahme der Kühlkammer) den hinteren Einlinsenteil näher an den Zweilinsenteil heran; dadurch rückt gleichzeitig der Schnittpunkt der Strahlen näher an das Diapositiv, und man kann nun ein Objektiv

1) Bei einlinsigem Vorderteil des Kondensors liegen die Verhältnisse genau ebenso.

von kürzerer Brennweite einsetzen, ohne daß im Gange der Strahlen (die innerhalb des Kondensors achsenparallel sind) etwas geändert wird. Der Nachteil ist nur, daß hier das Diapositiv im konvergierenden Strahlenkegel sich schon in beträchtlichem Abstande von der Hinterlinse befindet und daher leicht der Fall eintreten kann, daß das Glasbild nicht mehr bis in die Ecken gleichmäßig beleuchtet wird. Will man bei diesem Verfahren Objektive von längerer Brennweite benutzen, so muß der einlinsige Hinterteil durch eine Linse von entsprechend längerer Brennweite ersetzt werden.

Wir wollen nunmehr untersuchen, ob die Lichtverhältnisse sich merklich ändern, wenn man bei einem bestimmten Kondensor (z. B. einem dreiteiligen mit 16 cm Linsendurchmesser) und einem beliebigen Objektiv (z. B. 26 cm Brennweite) den weißen Schirm weiter abrückt (z. B. von 7 m auf 10 m). Da das Bild hierbei auf dem weißen Schirm größer wird, so wird dasselbe auch dunkler; wir wollen jedoch nur wissen, ob etwa aus der notwendigen Verschiebung der Lichtquelle und des Objektives Änderungen in den vom Kondensor aufgenommenen und in das Bild übergeführten Lichtmengen sich ergeben. Bei Abstand des weißen Schirmes von 7 m stehe, damit die Vorderlinse des Objektives vom Strahlenkegel eben bedeckt wird, die Blendenebene des Objektives 27 cm vom Diapositiv und 28 cm von der Hinterfläche der hinteren Beleuchtungslinse entfernt. Für den Abstand des weißen Schirmes von 10 m sind diese Zahlen dann 26,7 und 27,7 cm, also je 0,3 cm weniger. Infolgedessen rückt auch für den Schirmabstand von 10 m die Lichtquelle etwas weiter von der Meniskuslinse ab. Dies ist jedoch so geringfügig (etwa 1 mm), daß die hierdurch bedingten Lichtverluste nicht wahrnehmbar werden. Umgekehrt ergibt sich ein verschwindend geringfügiger Lichtgewinn, wenn man den Schirm näher als 7 m vom Objektiv aufstellt. Es gilt hier also die Regel, daß es in Bezug auf die vom Kondensor aufgenommenen Lichtmengen praktisch gleichgültig ist, ob bei demselben Objektiv der weiße Schirm relativ nahe oder relativ fern vom Objektiv aufgestellt wird.

Nicht selten kommen wir in die Lage, ein Objektiv von bestimmter Brennweite wählen zu müssen, weil der Apparat an einer bestimmten Stelle des Saales seine Aufstellung finden und dabei das projizierte Bild einen weißen Schirm von gegebener Größe bedecken muß. Hier gilt die Formel: $f = \frac{a \cdot B}{G + B}$, wobei f die Brennweite des Objektives, a den Abstand des Hauptpunktes (bei Doppelobjektiven also der Blendenebene) des Objektives vom weißen Schirm, B die Größe des zu projizierenden Diapositives und G die Größe des weißen Schirmes bedeutet. Nehmen wir an, die Blendenebene des Objektives sei in 8 m (800 cm) Entfernung vom weißen Schirm aufgestellt, wir wollten Diapositive von 9 × 12 cm projizieren, bei denen also im Bilde die längere Seite 11 cm mißt, und die weiße Wand, auf der diese Bilder hoch oder quer projiziert werden sollen, hat 3 m (300 cm) Seitenlänge, so ergibt sich:

$$f = \frac{a \cdot B}{G + B} = \frac{800 \times 11}{311} = 28{,}3.$$

Wir müssen also ein Objektiv von 28,3 cm Brennweite verwenden.

Wollen wir dagegen unter sonst gleichen Verhältnissen nur Bilder projizieren, welche das alte Normalformat, also 7 cm Seitenlänge haben, so ergibt sich $f = \frac{a \cdot B}{G + B} = \frac{800 \times 7}{307} = 18{,}24$. In diesem Falle müssen wir ein Objektiv von 18,24 cm Brennweite benutzen.

Eine andere Aufgabe ist folgende: Wir wollen mit unserem Bildwerfer, der ein Objektiv von 25 cm Brennweite besitzt, auf einer weißen Wand mit 4 m (400 cm) Seitenlänge Diapositive vom Format 9 × 12 cm (also 11 cm größte Seitenlänge des **Bildes**) hoch oder quer projizieren. Wo haben wir den Apparat aufzustellen, damit die weiße Wand voll ausgenutzt wird? Die Antwort lautet: Wir entfernen den Apparat mehr und mehr von der weißen Wand, bis die längste Seite des Projektionsbildes die weiße Wand genau bedeckt. Dies kann jedoch recht zeitraubend und schwer ausführbar sein, wenn z. B. der Saal amphitheatralisch aufsteigt. Wir nehmen also eine Formel, in der die Buchstaben dieselbe Bedeutung haben, wie bei der vorigen, zu Hilfe:

$$a = \frac{f \cdot (B + G)}{B}.$$

Setzt man die Zahlenwerte ein, so ergibt sich:

$$a = \frac{26(11 + 400)}{11} = 971.$$

Man hat den Apparat also im Abstande von 9,71 m vom weißen Schirm aufzustellen.

Es gibt noch eine andere Methode, um bei einem Bildwerfer mit Objektiv von gegebener Brennweite und bei gegebener Größe des weißen Schirmes die richtige Stellung des Apparates durch den Versuch zu ermitteln. Dieselbe ist von H. **Schmidt** (Anleitung zur Projektion, S. 85) angegeben und beruht darauf, daß der Bildwerfer eine photographische Kamera ist: Man nimmt die Lampe aus dem Apparat und setzt in den Bildhalter an Stelle des Diapositives eine Mattscheibe ein, auf welcher die Größe des zu projizierenden Bildes mit Bleistift aufgezeichnet wird. Bei hell erleuchtetem Saale stellt man nun das Objektiv derart ein, daß ein scharfes Bild des weißen Schirmes auf der Mattscheibe entsteht. Ist dies Bild kleiner, als der auf der Mattscheibe mit Bleistift aufgezeichnete Ausschnitt, so steht der Apparat zu weit vom weißen Schirm entfernt; ist dies Bild größer, als genannter Ausschnitt, so muß der Apparat weiter zurückgerückt werden. Der Apparat ist also so lange zu verschieben, bis die vier Kanten des weißen Schirmes den auf der Mattscheibe gezeichneten Ausschnitt genau bedecken. Das Verfahren gibt gleichzeitig darüber Aufschluß, ob irgend ein Gegenstand in das die Projektion ausführende Lichtbüschel hineinragt oder nicht. Ist nämlich bei Einstellung des Objektives kein störender Gegenstand auf der Mattscheibe zu sehen, so ist auch bei der späteren Projektion die weiße Fläche nicht durch den Schatten irgend eines Gegenstandes bedeckt. Sieht man aber schon auf der Mattscheibe den Arm eines Kronleuchters oder dergl. in das Feld des weißen Schirmes

hineinragen, so ist dieser Gegenstand auch für die nachfolgende Projektion hinderud und muß beseitigt werden.

Um bei dieser Methode das Bild des weißen Schirmes auf der in den Bildhalter eingesetzten Mattscheibe zu sehen, muß man durch die Kondensoren hindurchblicken; doch wird hierdurch die Kontrolle des Bildes auf der Mattscheibe nicht nennenswert erschwert. Keinesfalls ist es nötig, die Kondensorlinsen herauszunehmen.

Ferner kann die Frage an den Projizierenden herantreten: Werden bei bestimmter Größe des Projektionsschirmes und bei einem fest aufgestellten Apparate mit Objektiv von bestimmter Brennweite die zu projizierenden Diapositive möglicherweise ein so großes Bild liefern, daß ein erheblicher Teil desselben von der weißen Wand nicht mehr aufgenommen wird? Hier hilft uns die Formel:

$$B = \frac{Gf}{a - f}.$$

Beispiel: Zu projizieren sind Diapositive im Format 9×12 cm (also 11 cm größte Seitenlänge des Bildes); das Objektiv hat 20 cm Brennweite; der Apparat ist in 6 m Entfernung von der weißen Wand aufgestellt; letztere hat 2 m Seitenlänge:

$$B = \frac{200 \cdot 20}{600 - 20} = 7.$$

Unter den gegebenen Verhältnissen lassen sich also höchstens Diapositive mit Bildformat 7×7 cm projizieren.

Endlich die Frage: Wie groß muß der weiße Schirm sein, um bei fest stehendem Apparat und mit Objektiv von gegebener Brennweite Diapositive in allen gangbaren Formaten — also bis 11 cm größte Seitenlänge des Bildes — projizieren zu können?

$$G = \frac{B(a - f)}{f}.$$

Beispiel: Abstand des Apparates von der weißen Wand 10 m. Brennweite des Objektives 26 cm:

$$G = \frac{11\,(1000 - 26)}{26} = 412.$$

Der weiße Schirm muß in diesem Falle also mindestens 4,12 m Seitenlänge haben.

Um den Bildwerfer den örtlichen Verhältnissen verschieden großer Säle und den verschiedenen Bildformaten anpassen zu können, ist es angenehm, Objektive von verschiedener Brennweite zur Verfügung zu haben. Dies wird erleichtert durch die Projektionsobjektivsätze. Besonders empfehlenswert sind die von Rodenstock (München) hergestellten Sätze, welche in einer mit Zahn und Trieb ausgerüsteten Fassung schnell auswechselbar sind. Dieselbe Firma bringt auch ein nach dem Prinzip der Fernobjektive hergestelltes Projektionsobjektiv mit veränderlicher Brennweite (25 bis 60 cm) in den Handel, welches aber wegen seiner unvermeidlichen langen Bauart

besonders für größere Diapositivformate keine besonders günstigen Verhältnisse bietet.

Man schlug auch vor (Laterna magica Nr. 76, S. 60), die Brennweite eines Projektionsobjektives dadurch veränderbar zu machen, daß man konkave oder konvexe Brillengläser vor dem Objektiv anbringt. Wegen fehlender Korrektion erhält man bei diesem Verfahren natürlich ganz mangelhafte Bilder.

Bei Auswahl der Brennweite des Projektionsobjektives muß man im Auge behalten, daß eine gewisse Vergrößerung des Diapositives nicht überschritten werden darf, um nicht die Gesamtwirkung zu beeinträchtigen. Als zweckmäßige Linearvergrößerung gilt eine 30 fache, so daß

ein Bild von 7 × 7 cm auf 2,10 × 2,10 m,
" " " 7,5 × 9 " " 2,25 × 2,7 m,
" " " 8 × 11 " " 2,4 × 3,3 m

zu vergrößern ist. Nur bei besonders großen Sälen und intensivsten Lichtquellen (elektrischem Bogenlicht) wird man über diese Maße hinausgehen, bei schwachen Lichtquellen jedoch erheblich unter denselben bleiben. Ein kleineres, aber helleres Bild ist einem größeren, aber dunkleren vorzuziehen. Nicht genügend helle Bilder machen den Eindruck der Flauheit und Verschwommenheit. Wird bei ausreichend heller Lichtquelle die Vergrößerung auf dem weißen Schirm sehr weit getrieben, so braucht man deshalb nicht zu fürchten, daß die Bilder wegen zu starker Vergrößerung unscharf erscheinen; denn in diesen Fällen wird der weiße Schirm stets weit vom Zuschauer entfernt sein, so daß die tatsächlich vorhandene leichte Unschärfe nicht zur Wahrnehmung kommt. Hat man die kräftigste Lichtquelle in einem verhältnismäßig kleinen Saale zur Verfügung, so lasse man sich dadurch nicht verleiten, die Bilder ungewöhnlich groß zu projizieren. Die Bildwirkung geht vollkommen verloren, wenn der Zuschauer den weißen Schirm nach den einzelnen Abschnitten des Bildes absuchen muß.

In dem Abschnitte über Kondensoren bemerkten wir auf Seite 18, daß nach der Rechnung dreiteilige Kondensoren im allgemeinen 2 bis $3^1/_2$ mal mehr Licht aufzunehmen im stande sind, als gleich große zweiteilige. Nachdem wir nunmehr die Wechselwirkungen zwischen Kondensor und Objektiv kennen gelernt haben, wollen wir an der Hand einiger Beispiele prüfen, wie groß im bestimmten Falle rechnerisch die Überlegenheit des dreiteiligen über den zweiteiligen Kondensor ist.

Zum Vergleiche benutzen wir den bereits mehrfach erwähnten dreiteiligen Kondensor (siehe S. 41). Durch Abnehmen der Meniskuslinse läßt sich derselbe in einen zweiteiligen verwandeln. Der Durchmesser der plankonvexen Linsen ist 16 cm; da hiervon 0,5 cm auf die Fassung entfällt, so ist der Durchmesser der freien (und daher bei achsenparallelem Licht auch der wirksamen) Öffnung 15,5 cm; freier Durchmesser der Meniskuslinse 14,5 cm; Brennweite des zweiteiligen Kondensors 15,5 cm; Dicke des zweiteiligen Kondensors 7 cm.

Wir wollen nun unter Voraussetzung einer punktförmigen Lichtquelle vergleichen, wie sich die vom zwei- und dreiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmengen verhalten:

1. bei Benutzung eines Objektives mit 20 cm Brennweite,
2. bei Benutzung eines Objektives mit 26 cm Brennweite,
3. bei Benutzung eines Objektives mit 35 cm Brennweite.

Der Abstand der weißen Wand betrage in allen Fällen 7 m.

Zu Nr. 1. Die Lichtquelle habe bei dem dreiteiligen Kondensor einen Abstand von 15,4 cm von der Meniskuslinse, damit der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Vorderlinse des Projektionsobjektives eben bedeckt. Der Durchmesser der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt dann 13 cm. Bei dem zweiteiligen muß die Lichtquelle 37 cm von der Vorderlinse des Kondensors entfernt stehen, damit die gleiche Wirkung in Bezug auf Bedeckung der Vorderlinse des Objektives erreicht wird. Die wirksame Öffnung der Kondensorvorderlinse hat dann einen Durchmesser von 15,5 cm. Hieraus ergibt sich, daß die vom zweiteiligen Kondensor aufgenommene zu der vom dreiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmenge sich verhält wie 1 : 4. Nun ist aber die Lichtmenge (etwa 20 Prozent; siehe S. 15) in Abzug zu bringen, die von der Meniskuslinse absorbiert und reflektiert wird. Der dreiteilige 16 cm-Kondensor nimmt hier also 3,2 mal so viel Licht auf, als der zweiteilige. Die in diesem Falle ungewöhnlich große Überlegenheit des dreiteiligen hat zum Teil darin seinen Grund, daß bei weitem Zurückrücken der Lichtquelle bei dem zweiteiligen die wirksame Öffnung der Vorderlinse nicht größer werden kann als 15,5 cm.

Zu Nr. 2. Die Lichtquelle habe bei dem dreiteiligen Kondensor einen Abstand von 12,4 cm von der Meniskuslinse, damit der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Vorderlinse des Projektionsobjektives eben bedeckt. Der Durchmesser der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt dann 12 cm. Bei dem zweiteiligen muß die Lichtquelle 28 cm von der Vorderlinse des Kondensors entfernt stehen, damit die gleiche Wirkung in Bezug auf Bedeckung der Vorderlinse des Objektives erreicht wird. Die wirksame Öffnung der Kondensorvorderlinse hat dann einen Durchmesser von 15,5 cm. Hieraus ergibt sich, daß die vom zweiteiligen Kondensor aufgenommene zu der vom dreiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmenge (nach Abzug der durch Absorption und Reflexion in der Meniskuslinse verloren gehenden 20 Prozent) sich verhält wie 1 : 2,4.

Zu Nr. 3. Die Lichtquelle habe bei dem dreiteiligen Kondensor einen Abstand von 10,2 cm von der Meniskuslinse, damit der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Vorderlinse des Projektionsobjektives eben bedeckt. Der Durchmesser der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt dann 10,7 cm. Bei dem zweiteiligen muß die Lichtquelle 21,3 cm von der Vorderlinse des Kondensors entfernt stehen, damit die gleiche Wirkung in Bezug auf Bedeckung der Vorderlinse des Objektives erreicht wird. Die wirksame Öffnung der Kondensorvorderlinse hat dann einen Durchmesser von 14 cm. Hieraus ergibt sich, daß die vom zweiteiligen Kondensor aufgenommene zu

der vom dreiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmenge (nach Abzug der durch Absorption und Reflexion in der Meniskuslinse verloren gehenden 20 Prozent) sich verhält wie 1 : 2.

Im allgemeinen gilt also die Regel, daß der dreiteilige Kondensor ein wesentlich helleres Bild als der zweiteilige gibt. Der dreiteilige zeigt um so größere Überlegenheit, je kürzer die Brennweite der Projektionsobjektive ist. Wie schon auf Seite 18 bemerkt, stimmen aber diese rechnerischen Ergebnisse mit denjenigen der Praxis nicht ganz überein und es liefert der gewöhnliche dreiteilige Kondensor nicht immer die rechnerisch ermittelte, stark gesteigerte Lichtmenge.

Aus der Tatsache, daß man mit Objektiven von größerem Linsendurchmesser auch größere Helligkeit erzielt, könnte man den Schluß ziehen, daß die „Lichtstärke" eines Objektives (d. h. das Verhältnis des Linsendurchmessers zur Brennweite) für die Helligkeit des projizierten Bildes von Wichtigkeit ist. Letzteres ist jedoch nicht der Fall; das Objektiv mit größerem Linsendurchmesser gibt nur deshalb ein helleres Bild, weil man die Lampe näher an die Kondensorlinsen heranrücken muß, damit der vom Kondensor kommende Strahlenkegel die Vorderlinse des Objektives eben bedeckt. Allerdings muß auch hier eine Einschränkung gemacht werden: Wie wir bereits früher erwähnten (vergl. S. 8 u. 37), spielen bei der Projektion zwei Arten der Abbildung des Diapositives eine Rolle. Bei der zweiten, wo das Glasbild als diffus erleuchteter Körper abgebildet wird, müssen Objektive um so mehr Licht auf die weiße Wand leiten, je lichtstärker sie sind. Die durch diese Art der Abbildung auf dem weißen Schirm erzeugte Helligkeit ist jedoch derart geringfügig, daß sie praktisch kaum in Frage kommt.

Arbeitet man mit einer kräftigen punktförmigen Lichtquelle (elektrischem Bogenlicht), so werden Objektive von kleinem Linsendurchmesser unter allen Umständen gute Helligkeit geben; es wird stets gelingen, eine Stellung der Lichtquelle ausfindig zu machen, wo der vom Kondensor kommende Strahlenkegel die Vorderlinse des Objektives eben bedeckt; der durch größeren Objektivlinsendurchmesser zu erzielende Helligkeitszuwachs würde keineswegs bedeutend (siehe S. 44) sein. Nur hätte man sein Augenmerk darauf zu richten, daß das Objektiv im Verhältnis zu seinem Linsendurchmesser nicht zu lang gebaut ist. Bei langen Objektiven mit geringem Linsendurchmesser ereignet es sich unter Benutzung von elektrischem Bogenlicht sehr leicht, daß bei den unvermeidlichen Ortsveränderungen der Kohlenspitzen und des Lichtbogens das Lichtbüschel beim Hindurchtreten durch das Projektionsobjektiv zeitweise so stark von der Achse abweicht, daß ein Teil desselben auf die Wandungen des Rohres fällt. Hierdurch wird natürlich erhebliche Verschlechterung des Lichtes auf dem Projektionsschirm herbeigeführt.

Stellt man bei punktförmiger Lichtquelle das Projektionsobjektiv so auf, daß ein Teil der vom Kondensor kommenden Strahlen auf die Fassung der Vorderlinse geht, so wird (worüber wir in dem Abschnitte über Lichtquellen

sprechen wollen) der weiße Schirm nicht nur ungleichmäßig erleuchtet, es bleiben auch die Randzonen des Bildes dunkel, weil dann die von diesen Randzonen kommenden Strahlen nicht auf das Objektiv, sondern auf die Fassung fallen.

Anders als bei punktförmigen liegen die Verhältnisse, wenn man mit flächenhaften Lichtquellen arbeitet (vergl. hierzu die Ausführungen auf S. 37). Je ausgedehnter die Lichtquelle ist, um so mehr nähern sich die Verhältnisse denjenigen, welche wir bei der photographischen Aufnahme irgend eines Gegenstandes haben. Wenn behauptet wurde, daß, um bei flächenhaften Lichtquellen genau dieselben Verhältnisse zu haben, wie bei punktförmigen, weiter nichts nötig sei, als daß man die Lichtquelle näher an die Kondensorlinse heranbringt, so schlägt diese Behauptung allen optischen Gesetzen derart ins Gesicht, daß es sich nicht verlohnt, ein Wort darüber zu verlieren.

Schon bei Kalklicht hat das vom Kondensor entworfene Bild der Lichtquelle einen ansehnlichen Flächendurchmesser. Letzterer ist, gleichen Abstand des Bildes der Lichtquelle von der Hinterfläche des Kondensors vorausgesetzt, beim dreiteiligen Kondensor größer, als beim zweiteiligen, weil der dreiteilige mit seiner kürzeren Gesamtbrennweite ein vergrößertes Bild der Lichtquelle entwirft. Bei unserem wiederholt erwähnten dreiteiligen Kondensor hat z. B. bei Kalklicht das Bild der Lichtquelle im Abstande von 28 cm vom Kondensor einen Durchmesser von ungefähr 3 cm. So groß muß also mindestens der Linsendurchmesser des Objektives sein, damit nicht Teile des Lichtkegels auf die Fassung fallen.

Bei Benutzung von Auerlicht bedarf man eines Objektives von gewaltigem Linsendurchmesser, um die von dem Glühstrumpf gelieferte Lichtmenge voll auszunutzen. Bei Verwendung eines dreiteiligen, ein stark vergrößertes Bild des Strumpfes liefernden Kondensors wird es überhaupt kaum möglich sein, daß ein Objektiv den ganzen Strahlenkegel aufnimmt; es wird sich daher auch die Forderung nicht erfüllen lassen, daß man das Objektiv so aufzustellen habe, daß der vom Kondensor kommende Strahlenkegel die Vorderlinse eben bedeckt. Wegen des eigenartigen Strahlenganges bei sehr ausgedehnten Lichtquellen (siehe S. 37) braucht genannte Forderung nicht streng erfüllt zu werden; es genügt hier zur Erzielung gleichmäßiger Helligkeit, wenn das Objektiv einen erheblichen Teil des Strahlenkegels aufnimmt.

In allen Fällen, wo infolge von zu ausgedehnter Lichtquelle das Objektiv nicht den ganzen Strahlenkegel aufzunehmen vermag, kommt die Überlegenheit des dreiteiligen Kondensors über den zweiteiligen nicht zur Geltung, weil beim dreiteiligen ein Teil des mehr aufgenommenen Lichtes in die Objektivfassung läuft. Die Behauptung[1]), daß unter diesen Verhältnissen der zweiteilige Kondensor sogar ein helleres Bild liefert, als der dreiteilige, konnte Verfasser bei zahlreichen Versuchen nicht bestätigt finden. Wenn auch hier das Objektiv von dem vergrößerten Bilde der Lichtquelle einen kleineren

1) Preisliste über Projektionsobjektive und Kondensorlinsen der Rathenower optischen Industrie-Anstalt, A.-G. 1900, S. 3.

Abschnitt aufnimmt, als von dem nicht vergrößerten, so ist bei ersterem doch der aufgenommene Abschnitt lichtstärker, als bei letzterem.

Um daher allen Anforderungen bei Projektion mit den verschiedensten Lichtquellen zu genügen, wird man Objektive von großem Linsendurchmesser bevorzugen. Stets kommt es hierbei jedoch nur auf die absolute, nicht auf die relative Linsenöffnung an. Für 16 cm-Kondensoren sind nach dem Petzval-Typus gebaute Porträtobjektive mit 8 bis 9 cm freiem Linsendurchmesser empfehlenswert. Bei größerem Durchmesser als 9 cm werden die Objektive sehr teuer. In Verbindung mit den kleinsten Kondensoren (10 cm) würden größere Objektive als solche mit 8 bis 9 cm Linsendurchmesser nicht mehr verwendbar sein, weil in einigem Abstande vom Kondensor der Durchmesser des konvergierenden Strahlenkegels unter dieser Größe bleibt. Bei kleinerem Durchmesser als 3 cm begegnet man schon beim Kalklicht Schwierigkeiten, den Lichtkegel in das Objektiv hinein zu bekommen. Früher, wo es allgemein üblich war, mit durchfallendem Licht zu projizieren, also den Apparat hinter dem weißen Schirm aufzustellen, war man an kurze Brennweiten gebunden wegen des beschränkten Raumes hinter dem weißen Schirm. Jetzt, wo man diese Methode wegen der damit verbundenen Lichtverluste und sonstigen Unbequemlichkeiten verlassen hat und den Apparat im Saale aufstellt, empfiehlt es sich, mit demselben möglichst weit zurückzugehen, um nicht die Aussicht nach dem weißen Schirm hin zu versperren. Aus diesem Grunde — und auch deshalb, weil langbrennweitige Objektive an sich eine bessere Ausnutzung des Lichtes gestatten — wird man die Objektive möglichst langbrennweitig wählen[1]). Weitwinkelobjektive mit kleinem Linsendurchmesser und kleiner Blendenöffnung sind zu verwerfen. Über den Nachteil langgebauter Objektive sprachen wir bereits; dieselben sind auch deshalb weniger vorteilhaft als kurzgebaute, weil bei ihnen (bei gleicher Brennweite und gleichem Linsendurchmesser) die Lichtquelle etwas weiter vom Kondensor entfernt steht. Bei kurzen Brennweiten zeichnet ein langgebautes Objektiv die größeren Plattenformate (9 × 12 cm) nicht bis in die Ecken aus. Über den Wert der bestkorrigierten Objektive für die Projektion siehe S. 37. Die in der Regel nach dem Petzval-Typus gebauten billigen, eigens für Projektion berechneten Objektive haben häufig den Fehler, daß ihr Linsendurchmesser für ausgedehnte Lichtquellen nicht ausreicht.

Im Notfall kann man auch die Hälfte eines Aplanaten, vor allen Dingen aber die Vorderlinse eines Porträtobjektives zur Projektion benutzen. Allerdings läßt hier die Randschärfe zu wünschen übrig, und gerade Linien erleiden Verzeichnung. Dasselbe gilt für die achromatischen Einzellinsen (Leukare), welche Busch in Rathenow eigens für die Projektion herstellt. Doch können diese in Wirklichkeit geringfügigen Übelstände überreichlich aufgewogen werden

1) Von einer rührenden Unkenntnis sämtlicher einschlägigen Verhältnisse zeugt es, wenn ein Fabrikant, der sogar den Doktortitel erwarb, in seinen Ankündigungen schreibt: „Je näher man mit dem Apparat an den Schirm herankommen kann, um so heller werden die Bilder. Deshalb wähle man ein Objektiv von möglichst kurzer Brennweite."

durch die lange Brennweite dieser Linsen und die Möglichkeit, mit dem Apparat sehr weit vom weißen Schirm zurückzugehen.

Ganz überflüssig für Projektionsobjektive sind die Blenden, welche durch Abfangen von Randstrahlen höchstens Schaden anrichten. Die in der Photographie durch die Blende herbeigeführte Vermehrung der Schärfentiefe ist in der Projektion nicht nur wertlos, sondern sogar schädlich. Durch größere Schärfentiefe würden sich nur die zufälligen Fehler der Kondensorlinsen (Luftblasen, Schlieren u. s. w.) auf dem weißen Schirm mit abbilden.

Ebenso wie bei den Kondensoren sind auch bei Projektionsobjektiven die durch Absorption und Reflexion entstehenden Lichtverluste zu berücksichtigen. Aus diesem Grunde bedingt ein aus drei Linsen bestehendes Objektiv mehr Lichtverluste, als ein zweilinsiges. Bei den gegen die Achse geneigten Strahlen ist der Lichtverlust am größten, so daß hierdurch die Randzone der Bilder etwas dunkler bleibt. Da nach dem Austritte der Strahlen aus dem Objektiv der Weg nach den seitlichen Abschnitten des weißen Schirmes weiter ist, als nach der Mitte, da fernerhin die Strahlen auf die seitlichen Abschnitte nicht senkrecht auftreffen, so muß auch hierdurch die Helligkeit der Bilder nach dem Rande hin abnehmen; doch sind wegen des großen Abstandes des Objektives vom weißen Schirm die Helligkeitsunterschiede äußerst geringfügig.

Den Raum zwischen Kondensor und Objektiv freizulassen, wie dies von einigen Seiten befürwortet wird, ist nicht zweckmäßig, da stets zerstreutes Licht auf die Objektivfassung und den Träger des Objektives fällt und hierdurch die Dunkelheit des Saales beeinträchtigt wird. Der Regel nach sind Objektiv und Kondensor durch ein starres Rohr, wie in Fig. 3 (S. 4) dargestellt, verbunden. Sehr praktisch ist ein Balgen aus Zeug oder Leder (Fig. 6, S. 7). Im Notfall kann man sich mit einem Drahtgestell und übergehängtem schwarzen Tuch behelfen.

Während des Auswechselns der Bilder schließt man das Objektiv. Für den Zuschauer ist jedoch vollkommene Verdunkelung des weißen Vorhanges keineswegs angenehm. Es ist daher zweckmäßig, statt des undurchsichtigen Objektivdeckels einen solchen zu verwenden, dessen Vorderfläche aus dünnem, weißem Papier oder einer Mattscheibe besteht. Der Vorhang bleibt dann schwach erhellt, ohne daß man von dem Auswechseln des Bildes etwas wahrnimmt. Am besten verbindet man einen Deckel dieser Art durch Scharnier mit der Objektivfassung, so daß nach dem Auswechseln der Bilder der Deckel nicht abgenommen, sondern nur heruntergeklappt wird. Als der Bildwerfer noch ein Spielzeug für große und kleine Kinder war und die Doppelapparate (Nebelbildapparate) eine hervorragende Rolle spielten, ersann man Einrichtungen (Dissolver), bei denen man im stande war, die beiden übereinander projizierten Bilder allmählich ineinander übergehen zu lassen, dadurch, daß das eine Objektiv langsam bedeckt, das andere ebenso langsam frei wurde. Genannte Vorrichtungen haben heute kaum noch geschichtliches Interesse. Bei mehreren der in dem Abschnitt über den Bildhalter beschriebenen Wechselvorrichtungen veranlassen automatisch wirkende Klappen oder Vorhänge

die Verdunkelung des Gesichtsfeldes während des Auswechselns der Bilder. Bei der in Fig. 33 (S. 34) abgebildeten Wechselvorrichtung wird der Eindruck erweckt, als ob ein Vorhang, hinter dem das Bild erscheint, auf- und niedergelassen wird. Man kann für diese und ähnliche Spielereien viel Geld unnötig ausgeben.

Als überflüssig sind auch diejenigen Vorrichtungen zu bezeichnen, welche das Einstecken bunter Gläser am Objektiv gestatten, um Morgenrot, Mondscheineffekte und dergl. hervorzuhringen. Ein naturwahrer Eindruck wird hierdurch niemals erzeugt. Denselben Wert haben Klappdeckel, welche, mit verstellbaren, verschieden gefärbten Klappen versehen, gestatten, die obere Hälfte des Bildes bläulich, die untere grünlich gefärbt erscheinen zu lassen. Abgesehen davon, daß durch Vorrichtungen dieser Art stets viel Licht verloren geht, vermeide man es grundsätzlich, die Wirkung der Bilder in anderen Dingen zu suchen, als in solchen, welche durch das Diapositiv selbst gegeben sind.

Die Lichtquellen.

Wollte man den Fabrikanten und Händlern Glauben schenken, so wäre die Lichtfrage in der Projektion längst zu allseitiger Zufriedenheit gelöst. Einfache Glühbirnen mit 300, Kalklichtbrenner mit 3000 Kerzenstärke gehören in den Ankündigungen und Reklameschriften zu den alltäglichen Erscheinungen. Wer für seinen Apparat sich gar eine elektrische Bogenlampe leisten kann, hat nur darum besorgt zu sein, daß er samt seinen Zuhörern von der Überfülle des Lichtes nicht vollständig geblendet wird. Der so häufig aus dem Zuschauerraum vernommene Ruf „heller" kann also nur von unverbesserlich Böswilligen oder solchen ausgestoßen werden, die ihr Sehvermögen fast vollends einbüßten.

Beim Nachprüfen der marktschreierischen Angaben ergibt sich, daß man der Wahrheit ungemein nahe kommt, wenn man am Ende der Zahlen eine Null fortstreicht.

Zuverlässige Helligkeitsprüfungen erfordern viel Kenntnisse und guten Willen. Zudem liegen die Verhältnisse in der Projektion ganz eigenartig, und die mit dem besten Photometer an der frei stehenden Lampe vorgenommene Untersuchung kann ein Resultat zeitigen, welches keinen Rückschluß gestattet auf die Helligkeit, welche der Bildwerfer mit derselben Lampe auf dem weißen Schirm liefert. Hier spielt immer die Frage mit, ob Kondensoren und Projektionsobjektiv auch im stande sind, die gegebene Lichtstärke auszunutzen. Die größten Abweichungen von der durch den Versuch ermittelten Kerzenzahl werden natürlich bei der Projektion die Lichtquellen mit ausgedehnter Leuchtfläche ergeben.

Eine beachtenswerte Abhandlung über Messung der Helligkeit von Bildwerfern veröffentlichte Dr. Hugo Krüß in Eders Jahrbuch für 1902 (S. 39).

Schon Dr. J. W. Behrens weist in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie (1899, S. 185) darauf hin, daß in der Projektion nur die relative Flächenhelligkeit des Projektionsschirmes, ausgedrückt in Meterkerzen, in Betracht kommt. Die Bestimmung der relativen Flächenhelligkeit kann so geschehen, daß man die hell erleuchtete Wand als Lichtquelle für Messung mit dem Bunsen-Photometer verwendet.

Will man durch einfachen Versuch feststellen, ob beispielsweise bei Kalklicht ein Sicherheitsbrenner oder ein Mischbrenner helleres Licht gibt, so stellt man beide Brenner nebeneinander frei auf und bringt in etwa 1 m Entfernung von dem weißen Schirm einen Stab an. Durch die Helligkeit der beiden Schatten, welche dieser Stab wirft, lassen sich selbst geringfügige Helligkeitsunterschiede beider Lichtquellen mit Sicherheit feststellen.

Bei den für Projektion zu benutzenden Lichtquellen muß man unterscheiden zwischen solchen, die nur für kleinere Räume genügende Helligkeit liefern, und solchen, die in großen Sälen verwendbar sind. Zur ersteren Klasse gehören: Elektrisches Glühlicht, Öl-, Petroleum-, Auer- und Acetylenlicht; zur zweiten Klasse: Magnesiumband-, Kalk- und elektrisches Bogenlicht.

Bei elektrischem Glühlicht ist der in gewöhnlichen Glühbirnen vorhandene Kohlefaden die für die Projektion denkbar ungeeignetste Form einer Lichtquelle. Man stellte deshalb für die Projektion besondere Glühbirnen her, bei denen der Glühkörper in Gestalt eines spiralförmig gewundenen Kohlefadens auf einen möglichst engen Raum zusammengedrängt ist[1]). Die Leuchtkraft der Glühbirnen läßt sich dadurch bedeutend erhöhen. Erheblich bessere Helligkeit als der Kohlefaden liefern die Glühlampen mit Nernst-Leuchtkörpern, welche eigens für Projektionszwecke gebaut werden. Wenn auch ihr Licht die in den Anpreisungen angegebenen 1000 Kerzen bei weitem nicht erreicht, so ist ihre Handhabung doch recht einfach. Wo elektrische Lichtanlagen vorhanden sind, bleibt dies vielleicht die bequemste Beleuchtungsvorrichtung, da sie sich ohne weiteres an die im Zimmer vorhandenen Drähte anschließen läßt und keiner besonderen Wartung bedarf.

Öl kann in besonders konstruierten Lampen, wie sie z. B. in England hergestellt werden, ein für kleinere Räume ausreichendes Licht geben. Dasselbe ist jetzt jedoch durch Petroleumlicht fast völlig verdrängt. Die gewöhnliche Petroleumlampe hat eine für den Projektionsapparat ungeeignete Form des Brenners. Weit Besseres leisten diejenigen Brenner, bei denen zwei bis vier flache Dochte nebeneinander derart angeordnet sind, daß sie entweder ihre Schmalseite oder, die Form eines **V** oder **W** bildend, ihre Schmalseite und die Breitseite in der Verkürzung (also den unteren Teil der Buchstaben) dem Kondensor zukehren. Die volle Breitseite dem Kondensor zuzuwenden, wäre zwecklos, weil die vorderste Flamme nur einen kleinen Bruchteil des Lichtes der hinter ihr stehenden hindurchpassieren läßt. Man glaube nicht, daß die Helligkeit im Verhältnis der Dochtzahl wächst. Es

1) Zu beziehen durch Ed. Liesegang in Düsseldorf.

bringt daher auch keinen Nutzen, mehr als vier Dochte anzuwenden. Jeder einzelne Docht hat eine besondere Regulierschraube; die Luftzuführung zu den Dochten muß aufs beste geregelt, schließlich muß ein hoher Schornstein mit Regulierung des Zuges vorhanden sein. Die gegenwärtig am meisten benutzte vierdochtige Petroleumlampe ist diejenige von Stock, welche wir in Fig. 36 abbilden. Dieselbe liefert eine Helligkeit von etwa 100 Kerzen. An dem aus vier Auszügen bestehenden Schornstein läßt sich der oberste durch Zahn und Trieb verstellen, um den Luftzug zu regulieren. Sollen Lampen dieser Art gut brennen, so bedürfen sie sorgfältigster Wartung. Die Dochte



Fig. 36.

müssen gleichmäßig abgeschnitten sein, was am besten mit eigens hierfür konstruierten Scheren geschieht. Wenn während des Brennens die Lampe warm geworden ist, werden die Flammen höher und zeigen Neigung zu qualmen. Man muß während der Projektion hierauf achten, sonst verbreitet sich ein unerträglicher Geruch im Zimmer. Das Riechen dieser Petroleumlampen ist ihre unangenehmste Eigenschaft. Durch größte Sauberkeit läßt sich dasselbe einschränken, aber niemals ganz vermeiden. Die Flammen sollen oben weiß, unten blau brennen. Zeigen sie gelbliche oder gar rötliche Färbung, so ist irgend etwas nicht in Ordnung. Während einer Pause darf man die Dochte nicht zurückdrehen, weil die Lampe sonst riecht. Nach beendeter Projektion muß man die Lampe bis auf den letzten Tropfen ausbrennen lassen. Tut man dies nicht, so überzieht sich das Innere des Gehäuses mit einer feinen Fettschicht; dadurch verschmieren die Linsen, und wenn bei erneuter Benutzung Lampe und Gehäuse warm werden, verbreitet sich durch das verdunstende Petroleum der widerwärtigste Geruch. Man kann

die Leuchtkraft der Petroleumlampe steigern, wenn man durch ein mit feinen Öffnungen versehenes Rohr reinen Sauerstoff zum Brenner gelangen läßt.

Leuchtgas kommt lediglich in Gestalt von Auerlicht in Frage. Ein guter, neuer Auerstrumpf kann ein Licht bis zu 90 Kerzen ausstrahlen. Jedoch geht die Helligkeit schon nach wenigen Brennstunden auf 60 bis 70 Kerzen zurück. Wegen der großen Ausdehnung der leuchtenden Flächen erfordern sowohl Petroleum- wie Auerlicht Projektionsobjektive mit großem Linsendurchmesser. Wie wir in dem Abschnitte über Projektionsobjektive auseinandersetzten (S. 51), bieten bei diesen Lichtquellen dreiteilige Kondensoren keine Vorteile vor zweiteiligen. Man gehe bei diesen Lichtquellen über Vergrößerung des Bildes auf etwa 1 qm nicht hinaus. Häufig wird angegeben, daß Auerlicht für die Projektion gänzlich ungeeignet sei. Eine derartige Behauptung können nur solche aufstellen, die es nicht verstehen, ihren Apparat den Eigenheiten dieser Lichtquelle, insbesondere der ungewöhnlich großen Ausdehnung der leuchtenden Fläche, anzupassen. Für Projektion im kleinen Kreise ist Auerlicht die geeignetste Lichtquelle, weil bei geringfügigsten Kosten alle lästigen Nebenerscheinungen, wie starke Erhitzung und widerwärtiger Geruch, fehlen.

Der Glühstrumpf kann auch durch gepreßtes Leuchtgas, vergastes Petroleum, Spiritus und dergl. in die nötige Weißglut versetzt werden, und kommen Vorrichtungen dieser Art als Mitalicht u. s. w. in den Handel. Häufig sind aber die hierbei zur Verwendung gelangenden Glühstrümpfe so groß, daß sich die Lichtquelle für den Bildwerfer nur mangelhaft ausnutzen läßt.

Acetylen ist neben dem später zu besprechenden Zirkon diejenige Lichtquelle, welche am häufigsten zu den bittersten Klagen Veranlassung gab. Infolge optischer Täuschung wird die Helligkeit dieses Lichtes der Regel nach bei weitem überschätzt. Da das sehr weiße Licht von einer verhältnismäßig kleinen Flamme ausgeht, so wird das Auge geblendet, und man hält die tatsächlich von der Flamme ausstrahlende Lichtmenge für viel größer, als sie in Wirklichkeit ist. Dazu kommt, daß es wegen Undurchsichtigkeit der Flamme wenig Nutzen bringt, wenn man mehrere Flammen hintereinander aufstellt. Die kunstvollsten Konstruktionen, bei denen mehrere Flammen hinter- und nebeneinander angeordnet sind, ergeben daher auf dem Projektionsschirm wenig mehr Helligkeit als eine vierdochtige Petroleumlampe oder ein neuer Auerstrumpf. Besondere Übelstände sind der Knoblauchsgeruch, wofern das Gas nicht gut gereinigt ist, das leichte Rußen der Flamme und die trotz aller gegenteiligen Versicherungen nicht ganz ungefährliche Handhabung.

Magnesiumband, in besonderen Lampen abgebrannt, gibt zwar ein äußerst kräftiges Licht, doch stört die Rauchentwicklung; ferner pflegt das Band unregelmäßig zu brennen und häufig zu erlöschen; endlich stellen sich die Kosten für längeres Brennen, wie es bei der Projektion erforderlich ist, recht hoch.

Kalklicht ist eine leicht zu handhabende, selbst für größere Säle ausreichende Lichtquelle. Durch Mischung irgend eines brennbaren Gases mit reinem Sauerstoff wird ungelöschter (Ätz-) Kalk in hellste Weißglut versetzt. Als Brenngase verwendet man Leuchtgas, Wasserstoff und Ätherdämpfe. Auch

Acetylen wurde empfohlen, konnte sich jedoch nicht einbürgern. Am häufigsten benutzt wird Leuchtgas, in zweiter Linie Wasserstoff.

Die Verbrennung (wir sprechen vorläufig nur von Leuchtgas und Wasserstoff, für welche dieselben Brenner verwendbar sind) geschieht in besonders konstruierten Brennern, denen der Sauerstoff und das Brenngas gesondert zugeführt wird. Früher mischte man allgemein die beiden Gasarten in einem Hohlraume (Mischkammer) des Brenners und ließ sie dann aus einer kleinen Öffnung austreten, um sie zur Verbrennung zu bringen. Da durch die Mischung explosives Knallgas entsteht, so ist zwischen Mischkammer und Austrittsöffnung ein mit feinen Drahtnetzen versehenes und mit Bimsstein gefülltes Sicherheitsrohr einzuschalten, welches das Zurückschlagen der Flamme verhindert. Trotz Sicherheitsrohr trat häufig Zurückschlagen der Flamme und damit Explosion der Mischkammer ein. Beschränkt sich dieselbe auf die Mischkammer, so bleibt der angerichtete Schaden mäßig; nun müssen aber bei derartigen Konstruktionen beide Gase unter genau gleichem Druck stehen, denn bei Überdruck des e i n e n Gases wird dasselbe in den Behälter des a n d e r e n dringen und hier ebenfalls

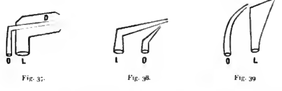


Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39

Knallgas erzeugen. Ist beim Zurückschlagen der Flamme letzterer Fall eingetreten, so sind die schwersten Unglücksfälle unvermeidlich. Infolge zahlreicher Vorkommnisse dieser Art geriet vor einigen Jahrzehnten Kalklicht derart in Mißkredit, daß Benutzung desselben bei öffentlichen Vorführungen verboten wurde.

Neuerdings bürgern sich die Mischgasbrenner wieder mehr ein, da sie infolge besserer Vermischung der Gase als bei den im folgenden zu besprechenden Sicherheitsbrennern größere Hitze und daher auch größere Helligkeit liefern. Da man im eigenen Interesse die größte Sorgfalt auf Herstellung der Sicherheitsvorkehrungen verwendete, so wurde im letzten Jahrzehnt über Unglücksfälle mit diesen Brennern nichts berichtet.

Bei den Sicherheitsbrennern (Fig. 37) tritt die Mischung beider Gasarten erst bei der Verbrennung ein, und Explosionen sind ausgeschlossen. Das äußere, weite Rohr *L* ist für Leuchtgas oder Wasserstoffgas bestimmt, das innere *O* für den Sauerstoff. Letzteres muß ganz kurz vor der Mündung des äußeren enden, sonst würde sich in der Düse *D* Knallgas bilden. Durch den Umstand, daß sich hier der Sauerstoffstrom im Zentrum des Leuchtgasstromes befindet, wird die Bildung einer sehr heißen Stichflamme begünstigt, welche den Kalk zur hellsten Weißglut bringt.

In übertriebener Ängstlichkeit, damit jede vorzeitige Vermischung der beiden Gasarten zur Unmöglichkeit wird, konstruierte man die in Fig. 38 u. 39

dargestellten Brenner. Bei Fig. 39 (Laterna magica 1887, Nr. 35) ist die Mündung des Leuchtgasrohres breit gedrückt. Die Vorbedingungen zur Bildung einer wirksamen Stichflamme liegen hier nicht so günstig, wie in Fig. 37.

Eine der einfachsten und besten Formen der Kalkbrenner ist in Fig. 40 dargestellt. Bei *A* treten die Gase aus und bilden die gegen die Kalkscheibe *B* gerichtete Stichflamme. Die Kalkscheibe sitzt in einer Metallhülse *D*, welche sich durch den Handgriff *C* drehen läßt. Da nämlich durch die Hitze Vertiefungen in den Kalk einbrennen, so muß man von 15 zu 15 Minuten einen neuen Abschnitt der Kalkscheibe vor die Flamme bringen. Wesentlich für die beste Helligkeit ist der richtige Abstand der Kalkscheibe *B* von der Düse *A*. Da sich das die Kalkscheibe tragende Gestell auf der Metallschiene *H* verschieben und dann mit Hilfe der Schraube *G* feststellen läßt, so kann man durch Probieren leicht feststellen, bei welchem Abstande die Helligkeit am besten ist. Der Abstand wechselt mit dem Druck, unter welchem die Gase aus der Düse austreten; in der Regel beträgt er 1 bis 1,5 cm. Die ganze Vorrichtung läßt sich fernerhin an dem senkrechten Stabe *E* hoch und niedrig stellen und mit der Schraube *F* fixieren. Dies ist für richtige Zentrierung der Lichtquelle wichtig. Praktischer ist es, wenn diese Bewegung sich durch Zahn und Trieb bewerkstelligen läßt.

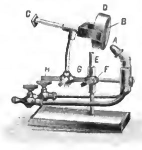


Fig. 40.

Die beiden Hähne sind erforderlich zur genauen Regulierung der Gaszufuhr. Die Hitze ist am stärksten, wenn man Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse zuführt, in dem sie zu Knallgas gemischt bei der Verbrennung Wasser (H_2O) bilden. Es muß also doppelt so viel Wasserstoff, wie Sauerstoff zum Brenner geleitet werden (im Leuchtgase wirkt als wesentlichster Bestandteil Wasserstoff). Überwiegt die eine der beiden Gasarten, so wird das Licht dunkler, weil durch das überschüssige Gas Abkühlung eintritt. Zu reichliche Zufuhr des Wasserstoffes (oder Leuchtgases) erkennt man auch daran, daß der Kalk von einem Flammenkranze umspült wird. Bei richtiger Stellung der Hähne kann man es leicht erreichen, daß die Flamme ohne Zischen brennt und dabei ein weißes Licht liefert. Läßt man durch weiteres Aufdrehen der Hähne im richtigen Verhältnis mehr von beiden Gasarten zur Düse hinzutreten, so wird das Licht noch heller; es tritt aber starkes Zischen auf, welches für die Dauer unerträglich wird. Man erreicht bei Kalklicht mit besten Sicherheitsbrennern[1]) ohne Zischen der Flamme etwa 500 Kerzenstärke, bei stark zischender Flamme 1300 bis 1400 Kerzen.

1) Z. B. von Dr. Th. Elkan, Berlin, Tegeler Straße 15, oder von Liesegang in Düsseldorf.

Der Starkdruckbrenner von Liesegang und andere gute Mischbrenner, z. B. diejenigen von Draeger in Lübeck, ergeben größere Lichtstärken. Man suchte auch die Leuchtkraft dadurch zu erhöhen, daß man zwei Brenndüsen nebeneinander vor der Kalkscheibe anbrachte (Stödtner).

Bei Vergleichung verschiedener Brenner ist aber folgendes zu beachten: Der in Fig. 40 dargestellte Sicherheitsbrenner liefert eine leuchtende Fläche, beinahe von der Größe eines Fünfpfennigstückes. Auf dieser Fläche wird der Kalk in gute, aber nicht übermäßige Weißglut versetzt, und erst nach längerer Brenndauer schmelzen flache Vertiefungen ein. Da die Stichflamme der Mischbrenner zwar heißer, aber erheblich kleiner ist, kommt auch ein entsprechend kleinerer Abschnitt (ungefähr von Linsengröße) zu hellster Weißglut. Ein Teil der Hitze wird dazu verbraucht, tiefe Löcher in den Kalk einzubrennen, wodurch sich eine für die Leuchtverhältnisse ungünstige Brennfläche bildet. Die Überlegenheit der Mischbrenner wird daher erst voll zur Geltung kommen, wenn an Stelle des Kalkes ein Material gefunden ist, welches der stärksten Erhitzung erfolgreich widersteht.

Ähnlich liegen schon bei Sicherheitsbrennern die Verhältnisse, wenn man an Stelle des Leuchtgases Wasserstoffgas benutzt: Infolge größerer Hitze brennen auch hier schnell Vertiefungen in den Kalk, und durch Drehen des Kalkes wird nur vorübergehend Abhilfe geschaffen.

Durch die einbrennenden Löcher leidet nicht nur die Helligkeit; es werden auch die Kondensoren gefährdet, denn am Rande der kraterförmigen Vertiefungen bilden sich nach dem Kondensor hin gerichtete Stichflammen, welche die erste Linse erreichen und sie zertrümmern können. Auch aus diesem Grunde — abgesehen von der sonstigen starken Erhitzung der Gläser — muß man bei Benutzung von Kalklicht zwischen Kondensor und Brenner eine Scheibe aus Hartglas oder Glimmer einfügen.

Am zweckmäßigsten sind Kalkscheiben, welche in einer Metallhülse eingeklemmt werden (Fig. 40). Von manchen Seiten werden Kalkzylinder empfohlen, welche in der Mitte durchbohrt sind, damit man sie auf einem drehbaren und in der Höhe verstellbaren Metallstabe befestigen kann. Da der Kalk große Neigung zum Springen hat, sind diese Zylinder unpraktisch; sie bröckeln während der Projektion ab und geben zu unangenehmen Störungen Veranlassung. Ist dagegen die Kalkscheibe mit kräftigem Druck in die Metallhülse hineingepreßt, so bleibt Springen des Kalkes belanglos, weil die Scheibe durch die Metallfassung zusammengehalten wird.

Um dem Springen nach Möglichkeit vorzubeugen, wärme man den Kalk allmählich mit der Leuchtgas- oder Wasserstoffflamme an und lasse dann erst Sauerstoff hinzutreten. Ebenso muß die Abkühlung langsam vor sich gehen.

Der Kalk ist nicht haltbar, sondern zerfällt an der Luft bald zu feinem Staub. Vollständigen Luftabschluß und daher unbegrenzte Haltbarkeit führte man dadurch herbei, daß man die Kalkscheiben oder -Zylinder in Glasröhren einschmolz. Hierdurch werden die Kosten vermehrt. Am einfachsten ist es, wenn man die Platten in verlöteten Blechbüchsen aufbewahrt, in denen sie

in reichlicher Menge von Kalkstaub eingebettet liegen. Nach dem Öffnen der Büchse schüttet man den ganzen Inhalt der Dose, d. h. Platten und Kalkstaub, in einen Behälter, dessen Deckel sich mit Hilfe eines Gummiringes luftdicht verschließen läßt. In dieser Weise halten sich die Platten viele Monate unverändert. Es ist sogar nicht einmal notwendig, luftdichten Verschluß herbeizuführen, weil die Hülle von Kalkstaub die Platten längere Zeit vor dem Zerfallen bewahrt. In Stanniol eingewickelte und dann in Paraffin eingetauchte Kalkstücke sind ebenfalls unbegrenzt haltbar.

Das einmal gebrauchte Kalkstück ist, wenn man es frei an der Luft aufbewahrt, nach zwei bis drei Tagen zerfallen. Stellt man es jedoch in lose verschlossener Blechbüchse an einen recht warmen Ort, so kann es sich acht bis 14 Tage gebrauchsfähig halten.

Zahlreiche Versuche sind unternommen worden, um den Kalk durch haltbarere Körper zu ersetzen oder ihn durch bestimmte Beimischungen luftbeständig zu machen. Zu letzterem Zwecke wurde z. B. Mischung von Kalk, kohlensaurer Magnesia, Rüböl und Gummiarabikum empfohlen [1]). Mischungen dieser und anderer Art (z. B. mit Borsäure) konnten sich jedoch nicht einbürgern, weil entweder das Licht mangelhafter ist, als bei reinem Kalk oder die Platten und Zylinder bei starker Erhitzung springen. Als Ersatz für Kalk ist zu nennen Marmor, Kreide und Stifte von gepreßter Magnesia, doch bleibt die Helligkeit hinter dem Kalk zurück; die Magnesiastifte zerbröckeln leicht.

In jüngster Zeit gelang es der Königl. Porzellan-Manufaktur in Berlin, Gefäße vollkommen feuerfest aus Magnesia herzustellen. Dieselben widerstehen ohne jegliche Schwindung Temperaturen bis zu 1760 Grad C. Vielleicht ist dieses Fabrikat dazu berufen, den unbeständigen Kalk aus dem Sauerstoffbrenner endgültig zu verbannen.

Vor einer Reihe von Jahren wurde an Stelle des Kalkes Zirkon warm empfohlen. Um Zirkon in hellste Weißglut zu versetzen, ist ein besonderer Brenner erforderlich: der von Linnemann konstruierte, welcher sorgfältigste Regulierung der zugeführten Gasarten und Vermischung derselben kurz vor der Austrittsöffnung gestattet. Infolge von geschickter Reklame fand das Zirkonlicht anfänglich weite Verbreitung. Aber bald merkten die Käufer, daß sie für teures Geld in den Besitz einer elenden, mit dem Kalklicht keinen Vergleich aushaltenden Lichtquelle gelangt waren. Zirkonlicht gibt 100 bis 180 Kerzenstärke; bezogen auf relative Flächenhelligkeit liefert der Zirkonbrenner von Schmidt & Haensch 12 Meterkerzen, ein guter Kalklichtbrenner dagegen 30 (eine Bogenlampe von 20 Ampère 125 Meterkerzen).

Zirkonlicht ist für die Projektion auch deshalb besonders ungeeignet, weil starkes Zischen des Brenners unvermeidlich bleibt. Noch trübseliger ist die Helligkeit bei den zum Teil recht mangelhaften Nachahmungen des Linnemannschen Brenners. Das leichte Abspringen der Zirkonplättchen von der Platinunterlage vervollständigt das Maß der Unzuträglichkeiten bei diesem Licht. Die an Stelle der Plättchen verwendeten Zirkonstifte bröckeln leicht ab.

1) Photogr. Rundschau 1896, Heft 4, S. 127.

Die große Helligkeit, welche gegenüber dem Zirkon der Kalkzylinder liefert, ist im wesentlichen eine Folge der erheblichen Ausdehnung der weißglühenden Fläche beim Kalk.

Da ein Linnemannscher Brenner nur etwa den dritten Teil von dem Sauerstoff verbraucht, wie ein guter Kalklichtbrenner, so liegt der Gedanke nahe, den ersteren auch für Kalklicht zu benutzen. Dies ist jedoch nicht ausführbar, weil die außerordentlich heiße Flamme tiefe Löcher in den Kalk brennt.

Kalklicht wäre eine ideale Lichtquelle, wenn man hierfür nicht reinen Sauerstoff, der stets nur mit Umständlichkeiten und Kosten zu beschaffen ist, benötigte. Man versuchte den Sauerstoff durch vorgewärmte atmosphärische Luft zu ersetzen, doch wird hiermit nicht annähernd dieselbe Helligkeit erzielt, wie mit reinem Sauerstoff.

Früher war man in der üblen Lage, den Sauerstoff selbst herstellen zu müssen. Dies hatte nur eine einzige gute Seite: es bot den Verfassern von Büchern über Projektionskunst reiche Gelegenheit, die gähnende Leere der Seiten zu füllen und dem Werke ein stattliches Äußere zu geben. Diese Gelegenheit ist denn auch in reichlichstem Maße ausgenutzt worden.

In Bezug auf Sauerstoffbereitung können wir uns kurz fassen. Der Chemiker braucht seine Kenntnis für Sauerstoffbereitung nicht aus einem Buche über Projektion zu schöpfen; wer genügende Vorkenntnisse auf dem Gebiete der Chemie nicht hat, lasse seine Hände fort vom Sauerstofferzeuger, und zwar bevor er durch platzende Retorten und dergleichen unliebsame Zwischenfälle hierzu eindringlich ermahnt wird[1]).

Durch den Umstand, daß jetzt in Deutschland (z. B. von Elkan, Berlin N., Tegeler Straße 15) komprimierter Sauerstoff in Stahlzylindern geliefert wird, sind die Schwierigkeiten der Beschaffung von reinem Sauerstoff beseitigt. Eine Stahlflasche dieser Art enthält bei einem Druck von 100 Atmosphären je nach Größe 100 bis 5000 Liter Sauerstoff. Der Preis für 1000 Liter beträgt 4 bis 5 Mk. Der dazu notwendige Stahlzylinder kostet 35 bis 45 Mk.; will man sich einen solchen nicht anschaffen, so wird für Leihen desselben eine mäßige Gebühr erhoben. Da das Gas im Zylinder unter gewaltigem Drucke steht (etwa 100 Atmosphären), so ist ein Druckreduzierventil notwendig. Die ersten Anschaffungskosten sind also nicht ganz geringfügig; doch kosten die Vorrichtungen zum Selbstherstellen von Sauerstoff mit zugehörigem Gasometer mindestens ebenso viel. Man reduziert mit genanntem Ventil den Druck des ausströmenden Gases auf $^1/_4$ bis $^1/_2$ Atmosphäre. Arbeitet man mit voller, vom Kalk überhaupt ohne Zischen zu liefernder Helligkeit, so genügen 1000 Liter Sauerstoff für 15 Brennstunden. Um jederzeit genau unterrichtet zu sein, wieviel Sauerstoff noch im Zylinder vorhanden ist, bringt man ein besonderes Manometer (auch Finimeter genannt) an demselben an, welches

1) Sauerstofferzeuger mit genauer Gebrauchsanweisung liefert unter anderem die Firma Liesegang in Düsseldorf.

über den vorhandenen Atmosphärendruck Aufschluß gibt[1]). Besitzt man ein solches Manometer nicht, so notiere man genau die Brennstunden, um daran ungefähr einen Anhalt zu haben, für wie lange Zeit der vorhandene Sauerstoff noch ausreicht. Sorgfältig achte man darauf, daß nach Öffnen des Haupthahnes kein Sauerstoff nebenbei entweicht. Die wunde Stelle hierfür ist der Anschraubering des Reduzierventiles. Da wegen der hierdurch bedingten Explosionsgefahr die Gewinde nicht mit Fett eingeschmiert sein dürfen und die zur Dichtung verwendeten Lederscheiben leicht brüchig werden, so erfordert gutes Abdichten einige Aufmerksamkeit. Das Entweichen der geringfügigsten Mengen des Gases verrät sich durch Zischen; hört man bei angelegtem Ohr hiervon nichts, so kann man sicher sein, daß kein Gas nebenbei entweicht.

Wiederholt in England vorgekommene Explosionen dieser Zylinder riefen in weiten Kreisen Besorgnisse hervor. Genaue Untersuchung dieser Unglücksfälle, die auf England beschränkt blieben, erwies jedoch, daß jedesmal grobe Fahrlässigkeit vorlag. Aus den hierüber veröffentlichten Protokollen entnehmen wir, daß nachweislich Sauerstoff in Zylinder gepumpt war, die Wasserstoff enthielten, daß die Gewinde zum besseren Verschluß mit Fett eingeschmiert waren, daß die Stahlzylinder fehlerhafte Stellen in den Wandungen enthielten u. s. w. Es sei daher vor dem Bezuge des Sauerstoffes aus England gewarnt.

Demgegenüber ist es Tatsache, daß sich in Deutschland noch niemals ein Unglücksfall dieser Art ereignete. Jeder Zylinder wird vorher auf 250 Atmosphären geprüft, so daß er also 100 Atmosphären mit Sicherheit aushält. Um besonders das Füllen von Sauerstoff in solche Zylinder, die bereits Wasserstoff enthalten oder früher enthalten haben, zur Unmöglichkeit zu machen, sind die Sauerstoffzylinder mit Rechtsgewinde, die Wasserstoffzylinder mit Linksgewinde versehen; außerdem haben letztere roten, erstere schwarzen Anstrich. In Würdigung dieser Verhältnisse befördern unsere außerordentlich vorsichtigen Eisenbahnverwaltungen die Sauerstoffzylinder in gewöhnlichen Zügen, während die später zu besprechenden Wasserstoffzylinder nur in Feuerzügen befördert werden.

Die zweite für Projektion mit Kalklicht notwendige Gasart, das Leuchtgas, ist so verbreitet, daß es beinahe überall zu haben ist, wo man überhaupt an Projektion denkt.

Um gute Helligkeit zu geben, darf das Gas nicht unter zu geringem Druck stehen. Abends erhöht die Gasanstalt den Druck beträchtlich. Bei starker Beanspruchung des benutzten Rohres durch andere Flammen und zu geringem Querschnitt des Rohres kann es sich jedoch ereignen, daß abends das Gas mit geringerem Druck austritt, als bei Tage.

In Ermangelung von Leuchtgas benutzt man gepreßten Wasserstoff, der ebenfalls von Elkan (Berlin N., Tegeler Straße 15) in Stahlflaschen geliefert

1) Nach den neuesten Preislisten (Draeger, Lübeck, Liesegang, Düsseldorf, u. s. w.) ist gegenwärtig der Preis für ein Reduzierventil mit zugehörigem Manometer 35 bis 40 Mk.

wird. 1000 Liter kosten 5 Mk. Die Anschaffungskosten für Stahlflasche und Reduzierventil sind dieselben, wie beim Sauerstoff. Obgleich mit komprimiertem Wasserstoff bisher Unglücksfälle noch nicht vorkamen, so scheint doch die vor 10 Jahren stattgehabte Explosion derartiger Zylinder auf dem Tempelhofer Felde bei Berlin (bei der aber niemand verletzt wurde) zu beweisen, daß hier Verhältnisse eintreten können, welche noch einer Erklärung bedürfen.

Da man doppelt so viel Wasserstoff wie Sauerstoff verbraucht, so reichen 1000 Liter davon für 7 bis 8 Brennstunden aus.

Die früher zur Aufbewahrung der beiden Gasarten vielfach verwendeten Gummisäcke kamen durch Einführung der Stahlzylinder außer Gebrauch. Man wird ihnen keine Träne nachweinen, denn die Unhandlichkeit und leichte Verletzbarkeit machten das Arbeiten mit denselben zur Qual.

Als Ersatz für Leuchtgas lassen sich Ätherdämpfe benutzen: Durch starke Metallbehälter (Äthersaturatoren)[1]), in denen sich Äther befindet, wird der Sauerstoffstrom geleitet. Der Sauerstoff gelangt also mit Ätherdämpfen beladen zur Düse und erzeugt mit dem Kalk ein sehr intensives Licht. Es müssen Vorkehrungen getroffen sein, daß die Flamme nicht zum Behälter zurückschlagen kann. Bei dem Gasator von Liesegang wird mit Ätherdämpfen beladene Luft durch die vom Sauerstoff im Starkdruckbrenner ausgeübte Saugkraft angesaugt. Die mit Äther wiederholt vorgekommenen schweren Unglücksfälle (z. B. das furchtbare Brandunglück in der Rue Goujon zu Paris, bei dem über 100 Menschen ums Leben kamen) lassen äußerste Vorsicht dringend geboten erscheinen. Vor allen Dingen darf niemals während des Brennens Äther nachgefüllt werden.

An Stelle des Leuchtgases werden auch Alkoholflammen benutzt, bei denen man mittels zugeleiteten Sauerstoffes eine möglichst heiße Stichflamme zu erzeugen sucht. Die hiermit zu erzielende Weißglut des Kalkes gibt jedoch nicht annähernd so helles Licht, wie die oben besprochenen Gasgemische. Besser als eine gewöhnliche Alkoholflamme mit Sauerstoff wirkt ein Alkoholsauerstoffbrenner, bei dem Alkoholdämpfe zur Verbrennung gelangen.

Den besten Ersatz für Leuchtgas bilden die Gasolin-Vergaser-Dosen, wie sie das Draegerwerk zu Lübeck in den Handel bringt. Von irgendwelcher Gefahr ist bei diesen Dosen keine Rede, da die Vergasung lediglich durch Ansaugen stattfindet und die Dose durch beliebig langen Gummischlauch mit dem Kalkbrenner verbunden werden kann.

Die Projektion würde einen außerordentlichen Aufschwung nehmen, wenn es gelänge, eine dem Kalklicht ähnliche Lichtquelle von 400 bis 500 Normalkerzen ohne Benutzung von reinem Sauerstoff herzustellen. Vielleicht läßt sich dies unter Anwendung von vorgewärmter, durch ein Gummigebläse zum Brenner getriebener Luft in Verbindung mit einer der durch die Auerlichtindustrie allgemein bekannt gewordenen, seltenen Erden erreichen. Erfolg-

1) Zu beziehen durch Ed. Liesegang in Düsseldorf, Unger & Hoffmann in Dresden, Ernst Meckel in Berlin u. a.

reiche, nach dieser Richtung hin unternommene Bemühungen würden dem Erfinder reichen Lohn bringen. Mit Preßgasauerlicht sind dergleichen Versuche bereits angestellt, bisher jedoch ohne durchschlagenden Erfolg.

Elektrisches Bogenlicht liefert für die Projektion die größte Helligkeit, aber auch die größte Hitze. Man schalte daher zwischen Lichtquelle und Kondensor auf jeden Fall eine Scheibe aus Glimmer oder Hartglas ein und benutze, wenn möglich, einen Apparat, wie er in Fig. 5 (S. 6) skizziert ist. Die Zwischenschaltung einer Scheibe ist auch deshalb nötig, weil von den Kohlenspitzen häufig glühende Teilchen abspringen, die infolge ihrer außerordentlichen Hitze an der Oberfläche der Kondensorlinse festschmelzen. Die Helligkeit der elektrischen Bogenlampe beträgt bei 10 Ampère etwa 1000 Normalkerzen, bei höherer Ampère[1])-Zahl entsprechend mehr. In der Regel wird man mit 15 bis 20 Ampère arbeiten, wobei ein für die meisten Säle ausreichendes Licht geliefert wird. Über 30 Ampère hinauszugehen, ist wegen der furchtbaren Hitze-Entwicklung bedenklich.


Fig. 41.

Die Frage, ob Wechselstrom oder Gleichstrom, ist dahin zu beantworten, daß Gleichstrom den Vorzug verdient. Da bei Wechselstrom beide Pole gleich viel Licht ausstrahlen, hat man zwei in einiger Entfernung voneinander stehende Lichtquellen. Außerdem macht die Wechselstromlampe stets ein brummendes Geräusch, welches bei Benutzung von Transformatoren so stark werden kann, daß es die Stimme des Vortragenden übertönt.

Die gewöhnlichen Bogenlampen sind im Bildwerfer nicht zu brauchen, weil der Lichtpunkt nicht auf derselben Stelle verbleibt. Von den eigens für Projektionszwecke gebauten Lampen nennen wir zuerst die in Fig. 41 abgebildete Hefner-Alteneck sche Kontaktlampe. Dieselbe reguliert zuverlässig und geräuschlos, hat jedoch den Fehler, daß die Kohlen senkrecht übereinander stehen. Die eigentliche Lichtspenderin ist nämlich die obere, positive (Docht-)Kohle, in welche sich ein vertiefter Krater einbrennt, von dem die Hauptmasse des Lichtes ausgeht. Stehen nun die beiden Kohlen senkrecht übereinander, so strahlt die Hauptmenge des Lichtes nach unten; infolgedessen gelangt verhältnismäßig wenig Licht auf den Kondensor, und besonders die untere Hälfte des weißen Vorhanges bleibt im Halbdunkel. Man kann diesen Übelstand dadurch verbessern, daß man die untere (Homogen-)Kohle, wie dies in Fig. 41 dargestellt ist, ein wenig vor (nach dem Kondensor hin) rückt. Dann bildet sich der Krater an der oberen Kohle mehr nach vorn, die Lichtausnutzung ist günstiger und die

1) Ampère = Stromstärke; verglichen mit einem Fluß = Wassermenge.
Volt = Stromspannung; verglichen mit einem Fluß = Gefälle.

Helligkeit auf dem weißen Schirm gleichmäßiger. Empfehlenswerter sind jedoch diejenigen Lampen, wo die Kohlen schräg stehen, ungefähr im Winkel von 30 bis 40 Grad gegen die Senkrechte geneigt (Fig. 42). Der Krater bildet sich nun an der Vorderseite der oberen Kohle und sendet sein volles Licht nach dem weißen Schirm; letzterer ist dann gleichmäßig hell erleuchtet. Auch bei dieser Schrägstellung wird die untere Kohle etwas nach dem Kondensor hin vorgeschoben, und zwar so weit, daß die Vorderflächen der beiden Kohlen in einer Geraden liegen. Schiebt man die untere Kohle zu weit vor, so wirft die an derselben sich bildende Spitze einen Schatten auf den unteren Teil des Kondensors.

Die Dicke der Kohlen richtet sich nach der Stromstärke. Die obere (Docht-)Kohle wird in der Regel doppelt so dick, d. h. mit doppelt so großem Querschnitt, nicht Durchmesser, gewählt, wie die untere, weil sie doppelt so schnell abbrennt. Bei Stromstärke bis zu 10 Ampère soll die Dochtkohle 13 mm, die Homogenkohle 9 mm Durchmesser haben, bis zu 15 Ampère die Dochtkohle 16 mm, die Homogenkohle 11 mm, bis zu 20 Ampère die Dochtkohle 18 mm, die Homogenkohle 12 mm, über 20 Ampère die Dochtkohle 25 mm, die Homogenkohle 18 mm. Dünne Kohlen gehen helleres Licht als dicke, doch brennen sie schneller ab. Zu dicke Kohlen liefern mangelhaftes Licht, weil dann der Krater nicht in genügende Weißglut gerät.

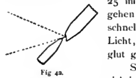


Fig 42.

Sehr wichtig ist, daß der Apparat mit der Leitung richtig, d. h. der negative Pol mit der unteren, der positive mit der oberen Kohle, verbunden wird. Bei verkehrter Schaltung zischt die Lampe, brennt unregelmäßig und gibt mangelhaftes Licht. Man erkennt die falsche Schaltung daran, daß der vertiefte Krater in der unteren, die Spitze dagegen in der oberen Kohle sich bildet. Durch sogen. Polprüfungspapier läßt sich die Art der Pole ohne weiteres feststellen.

Die selbstregulierenden Lampen haben den Nachteil, daß sie sehr empfindlich sind. Bei Wartung durch ungeübte Hand leidet das regulierende Uhrwerk, die Lampe brennt mit Zischen, und Reparaturen bleiben unvermeidlich. Übrigens kranken auch viele tadellos behandelte Lampen an dem Fehler, daß sie anfänglich unruhig und mit Zischen arbeiten und sich erst nach einiger Zeit zu ruhigem und gleichmäßigem Licht einbrennen. Besonders ungünstig liegen die Verhältnisse, wenn der mit einer solchen Lampe versehene Bildwerfer nicht dauernd auf seinem Platze bleibt oder gar an verschiedene Leitungen mit nicht genau regulierter Stromstärke angeschlossen wird. Dann ist Zischen und Flackern der Lampe die gewöhnliche, recht unangenehme Zugabe zum Projektionsvortrag. All diese Übelstände fallen fort, wenn man auf die selbstregulierenden Lampen verzichtet und sogen. Handregulierlampen verwendet. Bei denselben wird die richtige Stellung der Kohlen durch Schrauben herbeigeführt, mit deren Hilfe man die Regulierung etwa von 5 zu 5 Minuten vornehmen muß. Dies ist außerordentlich einfach und kann von jedem besorgt werden, der nicht die mindesten Vorkenntnisse

von Elektrotechnik hat. Durch das kleine Fensterchen im Gehäuse (Fig. 3, S. 4) beobachtet man den Flammenbogen und reguliert, sobald die Kohlenspitzen sich zu weit voneinander entfernen. Eine von Liesegang gebaute Handreguliertampe ist in Fig. 43 abgebildet[1]. Diese Lampen sind für jede Stromstärke benutzbar. Zu einer guten Lampe gehören drei Regulierungen: die Schraube *A*, welche die gegenseitige Annäherung der Kohlenspitzen besorgt, die Schraube *B*, welche den ganzen Apparat hebt und senkt, und die Schraube *C*, welche die zur genauen Zentrierung notwendige Seitwärtsbewegung nach rechts und links ausführt. Durch *F* wird die obere Kohle ein wenig zurückgeschoben, damit das Licht möglichst vollständig nach vorn geworfen wird. *G* und *H* dienen zur Befestigung der Kohlen. Ist die obere Kohle doppelt so stark wie die untere, so beschränkt sich die Regulierung während des Brennens auf die Schraube *A*. Andernfalls muß man durch *B* den Flammenbogen in bestimmten Zwischenräumen heben. Die Handhaben der Schrauben *A* und *B* seien so lang, daß sie aus dem Gehäuse herausreichen, damit man zum Zwecke des Regulierens nicht die Tür des Gehäuses zu öffnen braucht.

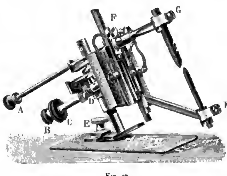


Fig. 43.

Der günstigste gegenseitige Abstand der beiden Kohlenspitzen ist durch den Versuch zu ermitteln. Mit dem Zunehmen der Ampèrezahl wächst der Abstand. Bei zu geringem Abstande reicht der an der unteren Kohle sich bildende Zapfen in den Krater an der oberen Kohle hinein und wird schließlich mit Geräusch abgestoßen. Bei zu großem Abstande wird das Bogenlicht gelb, es bildet sich eine Flamme, und der Lichtbogen wechselt mit lautem Zischen unaufhörlich seinen Ort, bis er plötzlich erlischt.

Handregulierlampen haben den Vorteil, daß sie für Gleich- und Wechselstrom benutzbar sind, was bei den selbstregulierenden Lampen nicht der Fall ist. Bleibt auch bei der Handregulierlampe Gleichstrom stets das Günstigere, so kann man gelegentlich doch gezwungen sein, mit Wechselstrom zu arbeiten. Bei Benutzung von Wechselstrom müssen die einzusetzenden Kohlen gleich dick sein und ungefähr im rechten Winkel gegeneinander stehen, damit beide Krater ihr Licht nach vorn werfen. Man benutzt hierfür Dochtkohle, welche den Durchmesser der Homogenkohle hat, wie man sie als negativen Pol bei Gleichstrom von derselben Ampèrezahl anwenden würde.

---

1) Außer von Liesegang werden Lampen dieser Art von sämtlichen Firmen geliefert, welche sich mit dem Bau und Vertrieb von Bildwerfern befassen.

Bilden die Kuhlen einen rechten Winkel, so entfernt sich natürlich bei dem Abbrennen derselben die Lichtquelle allmählich vom Kondensor. Die Lampe muß daher während des Brennens ein wenig vorgeschoben werden.

Um auch bei Wechselstrom möglichst günstige Kraterbildung (in ähnlicher Weise, wie bei Gleichstrom) zu erzielen, gab Hepworth[1]) eine besondere Form der Kohlestifte an: Die Kohlen werden in der Längsachse exzentrisch durchbohrt und die Durchbohrung mit einem leicht abbrennbaren Kern angefüllt, welcher die Kraterbildung befördert. Die Stifte werden in die Lampe nun so eingesetzt, daß die Durchbohrung nach der Seite des Kondensors hin liegt; die in der oberen und unteren Kohle sich bildenden Krater sind dann dem Kondensor zugewendet.

Die Firma Siemens & Halske bringt bei Wechselstrom-Bogenlampen, bei denen die Kohlen senkrecht übereinander stehen, nahe dem Lichtbogen einen kleinen Elektromagneten an, welcher den Flammenbogen nach vorn stößt und dadurch eine Kraterbildung an der Vorderseite der Kohlen herbeiführt.

Um in der Bogenlampe neben der gewünschten Ampèrezahl die richtige Stromspannung zu haben, ist Einschaltung eines Widerstandes unerläßlich nötig. Der Regel nach hat man in den elektrischen Leitungen eine Spannung von 110 bis 220 Volt. Da die Bogenlampe jedoch nur 45 bis 50 Volt erfordert, so muß durch den Widerstand die überschüssige Spannung beseitigt werden. Am zweckmäßigsten sind regulierbare Widerstände, die mit Ampèremeter (zur Messung der Stromstärke) und Voltmeter (Spannungsmesser) versehen sind. Man kann einen solchen Widerstand an den verschiedensten Leitungen benutzen und mit Hilfe der Drehkurbel jeden gewünschten Widerstand[2]) herstellen. Allerdings ist ein solcher Widerstand mit genannten Meßapparaten ziemlich teuer (150 Mk. und darüber). Widerstände ohne die (nicht unerläßlich notwendigen) Meßapparate sind erheblich billiger. Erforderlich ist endlich ein Ausschalter am Bildwerfer. Allerdings läßt sich der Strom auch durch Lösen der Klemmschrauben unterbrechen; doch wird es, wenn eine Störung, z. B. Kurzschluß, vorkommt, nötig, den Strom so schnell wie möglich zu unterbrechen, was nur mit Hilfe des Ausschalters geschehen kann.

1) Photogr. Rundschau 1897, Heft 9, S. 283.

2) Der im einzelnen Falle notwendige Widerstand, ausgedrückt in Ohm, ergibt sich aus nachfolgender Betrachtung: 1 Ohm ist der Widerstand, den eine Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt und 1,06 m Länge dem elektrischem Strome entgegensetzt. Es gilt nun die Formel: $\text{Ohm} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ampère}}$. Sind wir an eine Leitung von 110 Volt angeschlossen und wollen wir mit 10 Ampère und 45 Volt arbeiten, so ergibt sich: $\text{Ohm} = \frac{110 - 45}{10} = 6{,}5$. Es müssen also als Widerstand 6,5 Ohm eingeschaltet werden. Wollen wir bei gleicher Voltzahl (45) für unsere Lampe 20 Ampère haben, so sind nur $\frac{65}{20} = 3{,}25$ Ohm als Widerstand einzuschalten. Hat die Leitung dagegen 220 Volt Spannung, so sind für 10 Ampère $\frac{175}{10} = 17{,}5$ und für 20 Ampère $\frac{175}{20} = 8{,}75$ Ohm als Widerstand erforderlich.

Elektrische Bogenlampen erfordern Starkstromleitung und sind daher an die gewöhnlichen, für Glühlampen berechneten Hausleitungen nicht anschließbar. Eine Ausnahme hiervon machen die kleinen, von verschiedenen Firmen in den Handel gebrachten Lampen, welche mit sehr geringer Ampèrezahl arbeiten, für Projektionen im Familienkreise aber vollständig ausreichen. Manche Fabrikanten entblöden sich nicht, für Lampen dieser Art mit 4 bis 5 Ampère eine Lichtstärke von 2000 Kerzen anzugeben. Es verlohnt sich nicht, auf die verschiedenen neueren Lampenkonstruktionen, welche nach Ansicht ihrer Erfinder Gott weiß welche Vorzüge bieten, genauer einzugehen. Wir warnen eindringlich vor Anschaffung der billigen Schundware. Wenn man sich genügend lange mit denselben herumgequält und bei zahlreichen Projektionen die gute Laune verdorben hat, wirft man sie in die Rumpelkammer und kauft ein solides Fabrikat. Billige Ware bleibt also auch hier die teuerste. Eine gute Handregulierlampe (nur solche kommen in Frage, denn eine automatisch regulierende Lampe wird sich nur jemand anschaffen, der durchaus 200 Mk. mehr verausgaben und sich von dem widerwärtigen Gefauche und Gezische nicht trennen will) kostet 80 bis 100 Mk. Alles muß sorgfältig gearbeitet sein, soll es der ungeheuren Erwärmung auf die Dauer erfolgreich Widerstand leisten; sonst gibt es sofort schlotternde Gelenke und wackelige Triebvorrichtungen. Insbesondere achte man darauf, daß beide Pole gut isoliert sind. Die Fabrikanten begnügen sich gern mit der Isolierung eines Poles, wobei natürlich die Gefahr des Kurzschlusses stark vermehrt ist.

Bei Beleuchtung mit künstlichem Licht, insbesondere in den Reproduktionsanstalten, fanden die Bogenlampen allgemein Eingang, bei denen die Kohlen in Glasglocken eingeschlossen sind. Dieselben brennen sparsam, sind aber für die Projektion nicht verwendbar, weil sie eine Überfülle von violetten und ultravioletten, dem Auge wenig sichtbaren Strahlen liefern. Auch die ungemein helles Licht liefernden Bremer-Lampen lassen sich wegen der eigenartigen Aufhängung und Kohlenstellung für den Bildwerfer nicht nutzbringend verwerten.

Um gute Zentrierung der Lichtquelle herbeiführen zu können, muß jede Lampe hoch und niedrig, nach rechts und links, nach vorn und hinten verstellbar sein. Dies ist um so notwendiger, je kleiner die Lichtquelle ist, denn hier treten bei nicht genauer Zentrierung sofort Unregelmäßigkeiten in der Lichtverteilung auf. Nach vorn und hinten, ebenso wie nach rechts und links lassen sich die Lampen zumeist frei im Gehäuse verschieben, so daß hierfür besondere Triebvorrichtungen nicht nötig sind. Allerdings ist es bei elektrischen Lampen angenehm, wenn sich die Bewegung nach rechts und links durch eine Schraube bewerkstelligen läßt (*C* in Fig. 43, S. 67). Die sehr wichtige Bewegung nach oben und unten ist bei elektrischen Lampen unter allen Umständen (am besten auch bei Kalklichtbrennern) durch Zahn und Trieb herbeizuführen. Billige Lampen dieser Art pflegen an einem senkrechten Metallstab, bei dem das Festklemmen durch eine Schraube geschieht, befestigt zu sein. Genaues Einstellen ist hierbei an sich schon außerordentlich

erschwert, ganz abgesehen davon, daß die Lampen nach kurzem Brennen so heiß werden, daß man sie nicht mehr anfassen kann.

Die Zentrierung ist stets derart vorzunehmen, daß man ohne Rücksicht auf gleichmäßige Helligkeit des Bildes ein Diapositiv scharf einstellt und dann durch Herausnahme des Bildschiebers die ganze Fläche des Kondensors freilegt. Das Objektiv verbleibt am Apparat. Unterläßt man es, zuvor durch Scharfeinstellung eines Bildes die richtige Stellung des Objektives zu ermitteln, so ist die ganze Zentrierarbeit vergeblich, weil Änderungen im Abstande des Objektives auch solche im Abstande der Lichtquelle erfordern.

Steht die Lampe nicht genau in der optischen Achse, so liegt der Lichtfleck nicht in der Mitte der dem weißen Schirm zugekehrten Objektivlinse. Das sicherste Erkennungsmittel für richtige Stellung der Lichtquelle ist die Helligkeit auf dem weißen Schirm. Nur dann steht die Lampe richtig, wenn das weiße Feld auf dem Projektionsschirm von der Mitte bis zum Rande

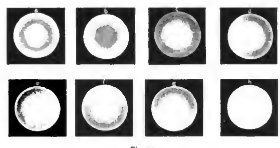


Fig. 44.

annähernd dieselbe Helligkeit hat (Fig. 44, *h*). Wir sagen „annähernd", weil mäßige Abnahme der Helligkeit nach dem Rande hin aus Gründen, die wir in früheren Abschnitten erörterten, unvermeidlich ist. Außerdem behält der häufig in der Mitte des Bildfeldes vorhandene, nicht immer zu beseitigende Lichtfleck besondere Helligkeit.

Ferner soll die Begrenzung des weißen Feldes (d. h. die Abbildung der Kondensorfassung) scharf und frei von Farbensäumen sein. Allerdings müssen wir auch hier eine Einschränkung machen: Selbst bei bester Zentrierung bleibt ein ganz schmaler roter Saum, d. h. die Abbildung der äußersten Randzone der dem Objektiv zugekehrten Kondensorlinse. Da diese Linse nicht achromatisch ist, so muß die äußerste Randzone sich als roter Saum darstellen. Derselbe wird nur dann fast völlig zum Verschwinden gebracht, wenn die Fassung weit über die Linse übergreift.

Kann man durch keine Stellung der Lampe scharfe Begrenzung des hellen Feldes erreichen, so ist dies ein Beweis dafür, daß das benutzte Objektiv nicht genügend große Winkelöffnung hat und daher nur für kleinere Kondensoren und kleinere Bildformate brauchbar ist.

Steht die Lampe zu nahe am Kondensor, so zeigen sich auf dem weißen Schirm bläuliche Schatten, wie sie in Fig. 44, *a* und *b*, dargestellt sind; steht sie dagegen zu fern vom Kondensor, so tritt am Rande ein rötlicher Schatten auf (Fig. 44, *c*), der um so breiter wird, je weiter man die Lampe zurückschiebt. Richtet man hierbei gleichzeitig sein Augenmerk auf die dem Kondensor zugekehrte Objektivlinse, so sieht man, daß der zuerst beschriebene bläuliche Schatten auf dem weißen Schirm vorhanden ist, wenn der vom Kondensor kommende Strahlenkegel einen größeren Durchmesser hat, als die Objektivlinse, daß dagegen der rötliche Schatten (Fig. 44, *c*) auf dem Schirm auftritt, wenn der Strahlenkegel kleiner ist, als die Objektivlinse. Nur wenn der Strahlenkegel die Objektivlinse eben bedeckt, ist der Schirm gleichmäßig hell (Fig. 44, *h*). Steht die Lichtquelle zu weit nach rechts, so hat man einen sichelförmigen, bläulichen Schatten auf der rechten Hälfte des Schirmes (Fig. 44, *d*). Die Fig. 42, *e, f, g*, zeigen die Form des sichelförmigen Schattens, wenn die Lichtquelle zu weit nach links (*e*), zu niedrig (*f*), zu hoch (*g*) steht. Der sichelförmige Schatten steht also stets an derjenigen Seite, nach der hin die Lichtquelle zu weit verschoben ist.

Diese Verhältnisse zeigen sich gut ausgeprägt nur bei punktförmigen Lichtquellen und solchen mit geringer Flächenausdehnung; sie haben darin ihren Grund, daß bei nicht richtiger Stellung der Lichtquelle von dem nicht achromatischen Kondensor zonenweise einzelne Strahlengattungen so geleitet werden, daß Mischung zu weißem Licht nicht zu stande kommt. Bei ausgedehnten Lichtquellen fallen dagegen die Strahlen infolge ihres unregelmäßigen Ganges nach dem Austritt aus dem Kondensor wiederholt übereinander und vereinigen sich auch an der Peripherie des Lichtkegels zu weißem Lichte.

In früherer Zeit spielten die Reflektoren an Bildwerfern eine Hauptrolle; sie sind auch heute noch nicht insgesamt dorthin gewandert, wo sie hingehören: in die Rumpelkammer. Bei Besprechung der Kondensoren sahen wir, daß nur ein kleiner Teil der von der Lichtquelle gelieferten Strahlenmenge auf den Kondensor gelangt; der Gedanke liegt also nahe, durch einen Reflektor insbesondere diejenigen Strahlen für das Bild nutzbar zu machen, welche nach der dem Kondensor entgegengesetzten Seite ausstrahlen.

Die gewünschte Wirkung ist nur von solchen Reflektoren zu erwarten, welche die Strahlen genau nach der Lichtquelle zurückwerfen. Dies geschieht aber nur, wenn der Reflektor eine Kugelhaube ist, in deren Krümmungsmittelpunkte sich die Lichtquelle befindet und die optische Achse des Reflektors mit derjenigen der Beleuchtungslinsen, in welcher auch die Lichtquelle liegt, zusammenfällt (Fig. 45). Andernfalls würde man zwei an verschiedenen Punkten gelegene Lichtquellen haben: die eigentliche und das Bild derselben; die Folge davon wäre ungleichmäßige und unerwünscht gesteigerte diffuse Beleuchtung des Glasbildes.

Der Reflektor darf nicht kleiner sein, als dies in Fig. 45 dargestellt ist, d. h. die auf den Rand des Reflektors fallenden Strahlen *o g* und *o h* müssen

nach dem Reflektieren den Rand des Kondensors erreichen. Reicht z. B. der Reflektor nur von *a* bis *b*, so erhält der zwischen *c* und *d* gelegene Kondensorabschnitt die direkt von der Lichtquelle und die reflektierten Strahlen, die Randzone des Kondensors (*c e*, *d f*) dagegen nur die direkt von der Lichtquelle kommenden Strahlen; letztere bleibt also dunkler.

Wie beim Kondensor ist auch die auf den Reflektor fallende Lichtmenge abhängig von der Größe des Winkels α und proportional der Größe $1 - \cos\frac{\alpha}{2}$ (siehe S. 17). Der notwendige Durchmesser *g h* des Reflektors ergibt sich aus der Formel:

$$g h = 2 r \sin\frac{\alpha}{2},$$

wo *r* den Kugelradius *o g* bedeutet.

Unter der Voraussetzung, daß die Lichtquelle ihr Licht gleichmäßig nach allen Seiten hin sendet, würde man bei der in Fig. 45 dargestellten Anordnung doppelt so viel Licht auf dem weißen Schirm erhalten, wie ohne Reflektor — wenn der Reflektor im stande wäre, das gesamte auf ihn fallende Licht zurückzuwerfen und wenn die Flamme für Licht vollkommen durchlässig wäre. Nun trifft aber beides nicht annähernd zu. Die Lichtverluste an den besten Metall- oder Glasspiegeln betragen mindestens 10 Prozent; bei älteren, nicht mehr ganz blanken Spiegeln sind sie erheblich höher. Weit bedeutender als diese Lichtverluste sind jedoch diejenigen, welche durch Absorption des reflektierten Lichtes beim Durchgang durch die Flamme herbeigeführt werden. Der Absorptionskoëffizient ist um so größer, je intensiver leuchtend das Licht ist. Am günstigsten liegen die Absorptionsverhältnisse bei Öl- und Petroleumrundbrennern; bei einer Flammendicke von 1 cm gehen hier etwa 15 Prozent, bei Flammendicke von 3 cm schon 35 bis 40 Prozent des hindurchtretenden Lichtes durch Absorption verloren. Derartige Brenner werden jedoch bei der Projektion infolge ihrer sonstigen ungünstigen Lichtverhältnisse beinahe niemals verwendet. Bei den vielfach benutzten, mehrdochtigen Petroleumflachbrennern (Fig. 36, S. 56), welche ihre Schmalseite dem Kondensor zukehren, gelangt reflektiertes Licht überhaupt nicht mehr durch die Flamme hindurch zum Kondensor. Bei Acetylen liegen die Verhältnisse noch ungünstiger, wie bei Petroleumlicht, weil der Absorptionskoëffizient größer ist, als bei letzterem. Bei Auerlicht setzt das undurchsichtige Gewebe des Glühstrumpfes dem Hindurchpassieren der reflektierten Strahlen ein Hindernis entgegen. Bei der elektrischen Glühbirne kann man, da der glühende Kohlefaden völlig undurchsichtig ist, mit Hilfe des Reflektors einen Lichtgewinn dadurch herbeiführen, daß man das Bild der Lichtquelle unmittelbar neben dem Kohlefaden entwirft. Doch ist zu berücksichtigen, daß die Strahlen auf dem Wege nach dem Reflektor und zurück zweimal die gläserne Birne zu

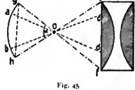


Fig. 45

passieren haben, was durch Reflexion an vier Flächen (abgesehen von der Fläche des Reflektors) einen Lichtverlust von ungefähr 40 Prozent bedingt.

Bei Kalk- und Zirkonlicht ist selbstverständlich der Reflektor völlig nutzlos, ebenso bei Bogenlicht, wenn infolge richtiger Stellung der Kohlen die gesamte Lichtmenge zum Kondensor hin gestrahlt wird.

Völlig unbrauchbar sind die vielfach empfohlenen parabolischen Reflektoren, welche das reflektierte Licht parallel zum Kondensor senden. Diese Strahlen werden dann durch die der Lichtquelle zugewendete Kondensorlinse so gebrochen, daß sie konvergierend auf die zweite Kondensorlinse fallen. Die Folge hiervon ist unregelmäßige Beleuchtung des weißen Schirmes. Außerdem müssen die vom parabolischen Spiegel reflektierten Strahlen einen Schatten der Lichtquelle auf der Beleuchtungslinse entwerfen, welcher auf dem weißen Schirm wahrnehmbar ist.

Alles in allem können wir sagen: „Fort mit den Reflektoren“, weil der im günstigsten Falle durch dieselben gebrachte Nutzen verschwindend geringfügig bleibt.

Das Glasbild.

Wenn wir bei Besprechung des Kalklichtes in Bezug auf die Herstellung von Sauerstoff sagten, daß hier für die Verfasser von Werken über Projektion eine vorzügliche Gelegenheit gegeben ist, leere Seiten zu füllen, so gilt dies in noch viel höherem Maße von dem Glasbilde (Diapositiv). Mit Angaben über Anfertigung derselben lassen sich viele Bogen füllen; man braucht in Bezug auf diesen Punkt nicht einmal eigene Kenntnisse zu besitzen, sondern sich nur an ein bewährtes Lehrbuch der Photographie anzulehnen.

Wir wollen uns bei dem überreichen Stoffe, welchen die verschiedensten auf Projektion sich beziehenden Fragen darbieten, bei dem Glasbilde, insbesondere bei Herstellung desselben, möglichst kurz fassen. Wer sich hierüber genauer unterrichten will, findet alles Nötige in dem Buche von G. Mercator: Die Diapositivverfahren (Halle a. S. 1897, Verlag von Wilhelm Knapp, Preis 2 Mk.).

Soll das Glasbild auf dem weißen Schirm in allen feinen Abstufungen der Helligkeit erscheinen, so darf es in den Halbschatten keine starke Deckung aufweisen: insbesondere müssen die Lichter glasklar sein. Hauptsächlich wegen letzterer Forderung sind hochempfindliche Bromsilbertrockenplatten für Diapositive ungeeignet.

Früher waren Pigmentbilder sehr beliebt, da sie bei klaren Lichtern durchsichtige Schatten und Halbschatten liefern. Abgesehen davon, daß bei ihrer Herstellung die richtige Belichtungszeit einige Schwierigkeiten bereitet, zeigen sie unangenehme, durch das Gelatinerelief erzeugte Lichtsäume, welche am störendsten auftreten, wo die Gegensätze zwischen Hell und Dunkel am stärksten sind. Außerdem hat die Bildschicht Neigung, sich nach einiger Zeit vom Glase loszulösen. Infolge dieser Übelstände und der Leichtigkeit

der Herstellung von entwickelbaren Silberbildern werden die Diapositive jetzt fast ausschließlich auf Silberemulsionsplatten gefertigt. Da, wie oben bemerkt, hochempfindliche Bromsilberemulsion hierfür ungeeignet ist, benutzt man Chlorsilber oder eine Mischung von Chlor- und Bromsilber. Reine Chlorsilberemulsion liefert die durchsichtigsten Bilder. Diese Emulsion ist jedoch derart lichtdurchlässig, daß bei der Belichtung durch Reflexion an der Rückseite des Glases Lichthöfe entstehen. Abhilfe schaffen hier die Chlorsilberplatten der „Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin", welche in derselben Weise, wie hochempfindliche, lichthoffreie Isolarplatten einen nach dem Fixieren verschwindenden roten Unterguß haben. Die Isolarchlorsilberplatten sind das ausgezeichnetste Material, welches wir für Herstellung von Diapositiven besitzen: Die Lichter sind glasklar und die Halbschatten vorzüglich durchsichtig, bei kräftiger Deckung der tiefen Schatten.

Die Erkenntnis, daß Chlorsilberemulsion ohne ein Mittel zur Beseitigung der Lichthöfe zur Herstellung von Diapositivplatten nicht brauchbar ist, führte frühzeitig dazu, zum Chlorsilber einen Zusatz von Bromsilber zu machen oder reines, aber wenig gereiftes Bromsilber zu verwenden. Platten, bei denen die Bildschicht genügend undurchsichtig ist, um Lichthofbildung zu vermeiden, geben aber niemals so klare und für die Projektion geeignete Bilder, wie reine Chlorsilberemulsion.

Die Belichtung der Diapositivplatten geschieht im Kopierrahmen vor der Petroleum- oder Gasflamme. Bei Abstand der Flamme von ungefähr 50 cm beträgt die Belichtungszeit 2 bis 100 Sekunden, je nach der Empfindlichkeit der Platten, der Helligkeit der Flamme und der Dichte des Negatives. Die vielfach empfohlene Belichtung mit Hilfe von Magnesiumband können wir nicht befürworten, weil man sich einerseits die Dunkelkammer mit Magnesiadämpfen anfüllt, anderseits die genaue Abmessung der richtigen Belichtungszeit viel schwieriger ist, als bei Petroleum- und Gaslicht. Belichtung mit Tageslicht ist wenig empfehlenswert, weil hierbei leicht Überexposition eintritt.

Entwickelt wird mit irgend einem Hervorrufer. Die Fabrikanten pflegen geeignete Entwicklervorschriften den Plattenpaketen beizulegen. Die Platten dürfen im Hervorrufer nicht gequält werden, weil sich sonst Gelbschleier einstellt. Die Entwicklung verläuft erheblich schneller, als bei hochempfindlichen Trockenplatten. Man benutze stets saures Fixierbad. Sehr günstig wirkt nachfolgende Verstärkung mit Sublimat und Schwärzung mit schwefligsaurem Natron. Die Zunahme der Deckung ist hierbei geringfügig, die Farbe des Silberniederschlages wird jedoch in Dunkelbraun oder Schwarz übergeführt, und die Lichter bleiben klar.

Das Diapositiv läßt sich in derselben Weise wie Bromsilberpapier durch Uran, Eisensalze u. s. w. rot, gelb, grün oder blau tonen. Wer ein Freund von bläulichen Mondscheineffekten ist, wird durch entsprechende Tonung weit Besseres erzielen, als durch Vorsetzen farbiger Scheiben. Es bietet angenehme Abwechselung, wenn die Reihe der schwarzen Bilder gelegentlich durch eine Röteltonung unterbrochen wird. Man vermeide es, Landschaften grün zu tonen; denn wenn sich auch ein ganz brauchbares Laub- und Wiesengrün

erreichen läßt, so wirkt doch der Umstand, daß alle übrigen Gegenstände grün sind, störend. Stellt das Diapositiv lediglich Cirrus-(Feder-)Wolken dar, so wird man blau tonen und die Platte dann lackieren, um den Eindruck des blauen Himmels mit weißen Wölkchen zu haben.

Daß man Diapositive auch nach dem nassen Kollodiumverfahren, ferner mit Hilfe von Eiweißplatten, Abziehemulsionspapieren u. s. w. herstellen kann, erwähnen wir nur nebenbei. Die durch einfache Behandlung und vorzügliche Resultate sich auszeichnenden Chlorsilberemulsionsplatten können hierdurch niemals verdrängt werden.

Das fertige Diapositiv ist mit durchsichtiger Glasplatte zu bedecken, damit die Bildschicht geschützt wird. Zu Deckgläsern benutze man dünnes, weißes, blasenfreies Glas, wie es eigens für diesen Zweck von zahlreichen Firmen geliefert wird. Auf gleichmäßige Dicke der Deckgläser ist besonders zu achten, damit man nicht während der Projektion bei jedem Bilde die Einstellung ändern muß. Es empfiehlt sich, zwischen Bildschicht und Deckglas an zwei gegenüberliegenden Seiten einen schmalen Streifen von dünnem Papier einzufügen, weil bei direkter Berührung von Deckglas und Bildschicht sich Newtonsche Farbenringe bilden, die sich bei der Projektion unangenehm bemerkbar machen. Das Verkleben von Bild und Deckglas geschieht mit Hilfe von schmalen Streifen schwarzen Papieres. Die neuerdings eingeführten Kautschucklebestreifen lösen sich los, wenn das Bild bei langem Verweilen im Bildhalter heiß wird. Für die Klarheit der Bilder ist es ein erheblicher Gewinn, wenn man Bildschicht und Deckglas mit Kanadabalsam verbindet; auch werden dann die durch Reflexion an der Innenseite des Deckglases entstehenden Lichtverluste vermieden. Leider ist dies Verfahren allgemein nicht durchführbar, weil der Balsam außerordentlich langsam trocknet und beim Eintrocknen desselben häufig von den Rändern ausgehende Luftblasen entstehen.

Von größter Wichtigkeit für den glatten Verlauf eines Projektionsvortrages ist richtiges Bezeichnen der Bilder. Hier sollte endlich ein einheitliches Verfahren angenommen werden, damit, wenn Bilder von verschiedenen Verfertigern durcheinander projiziert werden, keine Verwirrung beim Einstecken der Diapositive vorkommt. In Bezug auf einheitliche Bezeichnung wurden die törichtesten Vorschläge gemacht: man solle eine weiße Marke von bestimmter Form in irgend einer Ecke anbringen u. s. w. Die einzig naturgemäße Bezeichnung ist diejenige, wo, wenn man das Bild in der für die Betrachtung richtigen Lage vor sich hat, der als Marke dienende, schmale, weiße Papierstreifen in der Mitte des unteren Randes sich befindet. Steckt dann das Bild im Schieberahmen, so muß sich bei Aufsichtprojektion diese Marke oben, auf der dem Kondensor zugekehrten Seite des Diapositives befinden. Die Marke kann die Nummer oder eine kurze, auf das Bild sich beziehende Notiz tragen. Manche lieben es, ein größeres Plattenformat anzuwenden, als dies durch das Bildformat bedingt wird, lediglich deshalb, um jedes Diapositiv mit einer ausführlicheren Beschreibung versehen zu können. Mag nun der für die Beschreibung verfügbare Raum oben oder unten, rechts

oder links vorhanden sein, niemals soll die genannte weiße Marke in der Mitte des unteren Randes fehlen; dann wird das falsche Einstecken der Bilder in den Schieberahmen endlich eingeschränkt werden.

Unerläßlich notwendig ist es, die Diapostitive in einem trockenen, warmen Raume aufzuhewahren. Geschieht dies nicht, so bildet sich bald auf der Innenseite des Deckglases ein feiner Niederschlag, welcher die Durchsichtigkeit des Bildes wesentlich vermindert. Recht bequem für die Aufbewahrung und Projektion, aber bei großen Bildvorräten etwas kostspielig, sind Nutenkästen, von denen jeder 50 bis 100 Diapositive zu fassen vermag.

Wo es gilt, Diapositive in großer Auflage für billiges Geld herzustellen, ist folgendes, von Babes[1]) in Bukarest empfohlenes Verfahren am Platze: Die Bilder werden mit Hilfe von Zinkklischees, wie dieselben für Buchdruckautotypie verwendet werden, auf feinstem Seidenpapier gedruckt. Letzteres wird zwischen zwei Glasplatten mittels Kanadabalsam durchsichtig gemacht. Dann verklebt man die Ränder der Platten wie bei gewöhnlichen Diapositiven. Eine weitere Vervollkommnung dieses Verfahrens schlug Dr. O. von Eversbusch[2]) vor: Er läßt statt auf Seidenpapier die Drucke auf dünnen Gelatine- oder Celluloïdhäutchen ausführen. Diese Häutchen werden zwischen zwei Glasplatten montiert und ergeben ein vorzüglich klares Diapositiv. Selbst farbige Lithographieen, die statt auf Papier auf dünnen Celluloïdhäutchen gedruckt werden, lassen sich in dieser Weise als Projektionsbilder verwerten.

Farbige Diapositive lassen sich nach dem Dreifarbenverfahren (Selle, Lumière u. s. w.) herstellen; doch erfordert dies erhebliche Übung. Die Bilder auf Autochromplatten projizieren nicht gut, weil die gefärbte Körnerschicht zu viel Licht verschluckt. Will man die Bilder kolorieren, so kann dies mit Lackfarben und Anilinfarben geschehen. Ein ungeschickt, besonders mit zu grellen Farben bemaltes Bild wirkt schlechter, als ein nicht bemaltes. Manche lieben es, durch Auflegen getonter Deckgläser, bei denen z. B. der Himmel blau verlaufend ist, Farbe in ihre Glasbilder zu bringen. Doch sind dies natürlich elende Surrogate. Eine eigenartige Spielerei sind Diapositive, die sich im Bildwerfer von selbst färben. Man stellt dieselben mit Lösungen her, die in der kühlen, feuchten Luft farblos sind, aber durch Hitze Farben annehmen, welche in der Kälte wieder verschwinden. Kupferbromid wird bei Erhitzung braun, Kobaltbromid grün, Kobaltacetat blau. In dieser Weise läßt sich z. B. eine Winterlandschaft in eine Frühlingslandschaft verwandeln: Eine Glasplatte wird mit Kautschuklösung übergossen und gut getrocknet. Dann legt man dieselbe mit der Schicht nach oben auf die Winterlandschaft und zeichnet die Umrisse mit Kupferbromid auf, übermalt das Gras und die Bäume mit Kobalthromid und den Himmel mit Kobaltacetat. Diese Platte bringt man auf dem Diapositiv so in den Apparat, daß die bemalte Schichtseite der Lichtquelle zugekehrt ist.

1) Photogr. Rundschau 1900, Heft 8, S. 166.
2) Graefes Archiv für Ophthalmologie, Bd. 50, Abt. 1, S. 161.

Auf die Projektion naturfarbiger, nach Lippmanns Verfahren gefertigter Bilder kommen wir später in einem besonderen Abschnitte zurück.

Die gebräuchlichen Bildformate wurden eingehend in dem Abschnitte über den Bildhalter (S. 26) besprochen. Wie dort auseinandergesetzt, brachte die fortschreitende Entwicklung der Amateurphotographie eine Vergrößerung des Diapositivformates mit sich, welche in dem gegenwärtig weit verbreiteten Formate 9 × 12 cm ihren Abschluß fand. Gegen letzteres wurde — hauptsächlich von Fabrikanten der Glasbilder und solchen, die sich überhaupt jedem Fortschritt verschließen — mit äußerster Erbitterung angekämpft. Den Fabrikanten und Händlern kann man ihre Erregung verzeihen: sehen sie sich doch bei allgemeiner Einbürgerung des 9 × 12-Formates mit ihrem nach vielen Tausenden zählenden, alten Bildervorrate nebst zugehörigen Negativen aufs Trockene gesetzt. Um das 9 × 12-Format in Mißkredit zu bringen, wurden die wunderbarsten Rechenexempel aufgestellt, welche haarscharf beweisen sollen, daß nur mit dem alten Normalbildformate (7 × 7 cm) günstige Ausnutzung des Lichtes zu erzielen ist. Dergleichen Rechenkünstler sind längst ein Spott der Welt geworden, und die gerade für größe Bildformate besonders günstigen Lichtverhältnisse führten dem 9 × 12-Format immer neue Freunde zu.

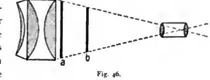


Fig. 46.

Das Bild der 9 × 12-Platte hat eine Oberfläche von 8 × 11 = 88 qcm. Vergleichen wir hiermit die Bildoberfläche der 8 × 8-Platte, so müssen wir, damit der Vergleich stichhaltig ist, zunächst eine Reduktion des quadratischen Formates auf das rechteckige vornebmen, bei dem das Verhältnis der Höhe zur Breite wie 8 : 11 ist. Nach Abzug des auf jeder Seite 0,5 cm breiten, schwarzen Papierrandes verbleiben für die Breite 7 cm; die Höhe des Bildes muß demnach 5,1 cm betragen; die Bildoberfläche mißt also 35,7 qcm. Bei sonst gleichen Vorbedingungen und bei Vergrößerung der Bilder auf dieselbe Bildgröße steht also die Helligkeit des von der 9 × 12-Platte projizierten Bildes zu der Helligkeit des von der 8 × 8-Platte projizierten im Verhältnis von 88 : 35,7 oder wie 2,46 : 1. Die 9 × 12-Platte liefert also ungefähr ein 2,5mal so helles Bild! Etwas besser liegen die Verhältnisse bei der 8,5 × 8,5-Platte.

Allerdings lassen sich diese für kleine Platten außerordentlich ungünstigen Lichtverhältnisse dadurch ausgleichen, daß man einen Bildwerfer mit verschiebbarer Bildbühne benutzt. *a* (Fig. 46) sei die Stellung der Bildbühne bei Projektion einer 9 × 12-Platte. Projiziert man kleinere Bildformate, so wird die Bildbühne so weit (bis *b*) vorgeschoben, daß der vom Kondensor kommende Strahlenkegel nicht über die äußersten Ecken des Bildes hinausreicht, daß also die Diagonale des Bildes gleich dem Durchmesser des Strahlenkegels ist. Da nunmehr bei dem kleinen Bildformate der ganze Strahlenkegel in gleicher Weise wie beim großen voll ausgenutzt wird, so

müssen die auf dem weißen Schirm auf dieselbe Bildgröße gebrachten Bilder gleich hell sein. Um das kleinere Bild auf dem weißen Schirm auf die Bildgröße des großen zu bringen, muß man ein Objektiv von kürzerer Brennweite benutzen. Hat man z. B. bei dem Bilde von 11 cm größter Seitenlänge bei einem Schirmabstand von 8 m ein Objektiv von 28,3 cm Brennweite nötig, damit die größte Seitenlänge des Bildes auf dem weißen Schirm 3 m beträgt, so muß man bei dem Bilde mit 7 cm größter Seitenlänge ein Objektiv von 18,24 cm Brennweite benutzen, um auf dem Schirm ein ebenso großes Bild zu erhalten (vergl. S. 46). Dieser Unterschied in der Brennweite der Objektive entspricht ungefähr der notwendigen Verschiebung des Diapositives. Kleine Unterschiede in der Breite des Strahlenkegels lassen sich durch Verschieben der Lampe ausgleichen.

Da wegen des großen Bildvorrates mit dem alten Normalformat und wegen des bekannten Nachahmungstriebes des Deutschen in Bezug auf alles, was vom Auslande[1]) kommt, an ein völliges Verschwinden des kleinen Plattenformates vorläufig nicht zu denken ist, so wird jeder Besitzer eines Bildwerfers häufig in die Lage kommen, Bilder der verschiedensten Formate projizieren zu müssen. Bei keinem guten Bildwerfer darf daher eine Vorrichtung fehlen, welche das Verschieben der Bildbühne ermöglicht. Besitzt der Apparat eine Einrichtung, welche gestattet, unmittelbar am Kondensor eine Absorptionsküvette einzusetzen, so kann man sich im Notfalle damit behelfen, daß man den Schieberahmen für Format 9×12 cm an Stelle der Absorptionsküvette, die Rahmen für kleinere Formate dagegen in der weiter nach dem Objektiv hin gelegenen Bildbühne einsetzt.

Von Wichtigkeit ist die Frage, ob die Lichtverhältnisse verschieden sind, wenn man das Bildformat 7×7 cm mit kleinem Kondensor von 10 cm Durchmesser oder mit einem großen, für das 9×12-Plattenformat berechneten projiziert — bei letzteren natürlich Verschiebbarkeit der Bildbühne vorausgesetzt. Bei unseren vergleichenden Berechnungen wählen wir den früher (S. 41 u. 48) wiederholt besprochenen dreiteiligen Kondensor mit freiem Durchmesser der plankonvexen Linsen von 15,5 cm; bei achsenparallelem Licht beträgt der Abstand der Lichtquelle von der Meniskuslinse 12,4 cm und der Durchmesser der wirksamen Öffnung der letzteren 12 cm; die vom Kondensor kommenden Strahlen schneiden sich dann in einem Abstande von 28 cm von der ebenen Fläche der Kondensorhinterlinse. Zum Vergleiche wird ein zweiteiliger Kondensor von 10 cm Linsendurchmesser, 5 cm Dicke und 9,25 cm Gesamtbrennweite benutzt, bei welchem für achsenparalleles Licht der Abstand der Lichtquelle von der Vorderlinse und daher auch der Abstand des Schnittpunktes der Strahlen von der Hinterlinse 16 cm beträgt (siehe S. 13). Wir sind gezwungen, hier einen zweiteiligen zu nehmen, weil, wie bereits früher bemerkt, die kleinen Kondensoren aus bestimmten Gründen nur zweiteilig

1) Daß die mit größter Zähigkeit am Alten festklebenden Engländer, deren Gewohnheiten für viele Deutsche leider immer noch maßgebend sind, sich jemals zu einem vernünftigen Plattenformate bekehren werden, ist nicht zu erwarten.

angefertigt werden. Bei dem großen dreiteiligen Kondensor beträgt (bei achsenparallelem Licht) in 9,5 cm Abstand von der Hinterfläche der hinteren Kondensorlinse der Durchmesser des vom Kondensor kommenden Strahlenkegels 10 cm, also ebenso viel, wie der Durchmesser der Hinterlinse des kleinen Kondensors. Unter Berücksichtigung der Dicke des Bildschiebers (1 cm) stellen wir also das Diapositiv mit 7 × 7 cm Bildformat so auf, daß es sich in einer Entfernung von 10,5 cm von der Hinterfläche des dreiteiligen Kondensors befindet; dann nimmt es innerhalb des Lichtkegels dieselbe Stellung ein, als wenn es sich bei dem kleinen, zweiteiligen Kondensor in 1 cm Abstand von der Hinterlinse befindet. Bei dem großen, dreiteiligen Kondensor schneiden sich demnach die Strahlen in einer Entfernung von 17,5 cm vom Diapositiv.

Wir müssen, um bei beiden Kondensoren vergleichbare Lichtverhältnisse zu haben, nun erst berechnen, in welcher Entfernung von der Vorderlinse des kleinen, zweiteiligen Kondensors die Lichtquelle aufzustellen ist, damit sich bei demselben die Strahlen ebenfalls in einem Abstande von 17,5 cm vom Diapositiv schneiden.

$$a = \frac{bf}{b-f} = \frac{(17{,}5 + 1 + 2{,}5) \cdot 9{,}25}{17{,}5 + 1 + 2{,}5 - 9{,}25} = 16{,}5.$$

Bei dem kleinen, zweiteiligen Kondensor muß also der Abstand der Lichtquelle von der Vorderlinse 16,5 — 2,5 = 14 cm betragen. Die wirksame Öffnung der Vorderlinse hat dann einen Durchmesser von 9,4 cm.

Wir kommen also zu folgendem Resultat: Damit in beiden Fällen der Lichtkegel das 7 × 7 cm-Bild eben deckt und sich die Strahlen im Abstande von 17,5 cm vom Diapositiv schneiden (damit man also dasselbe Objektiv in beiden Fällen anwenden kann), steht die Lichtquelle bei dem großen, dreiteiligen Kondensor 12,4 cm von der Vorderlinse entfernt, und der Durchmesser der wirksamen Öffnung der letzteren beträgt 12 cm; bei dem kleinen, zweiteiligen Kondensor steht sie dagegen 14 cm von der Vorderlinse entfernt, und der Durchmesser der wirksamen Öffnung derselben beträgt 9,4 cm. Bei punktförmiger Lichtquelle verhält sich also die von dem großen, dreiteiligen Kondensor aufgenommene Lichtmenge zu der von dem kleinen, zweiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmenge wie 2,07 : 1. Hiervon sind die etwa 20 Prozent betragenden Lichtverluste in Abzug zu bringen, welche durch Reflexion und Absorption in der Meniskuslinse verloren gehen. Man erhält dann also (bei gleicher Bildgröße auf dem weißen Schirm) ein 1,67 mal helleres Projektionsbild, wenn man das 7 × 7-Bild mit dem großen, dreiteiligen, als wenn man dasselbe Bild mit dem kleinen, zweiteiligen Kondensor projiziert. Dies Ergebnis mögen sich diejenigen merken, welche in blinder Wut gegen das Plattenformat 9 × 12 cm kein gutes Haar an den großen Kondensoren lassen.

Um in ungewöhnlich großen Sälen auf Riesenvorhängen die nötige Helligkeit zu erzielen, wird man neben der höchsten, zulässigen Ampèrezahl (etwa 50 bis 60, aber nur mit Handregulierlampen!) noch größere, dreiteilige Kondensoren, als solche mit 16 cm Durchmesser verwenden.

In Ermangelung von stichhaltigen Gründen machte man die haltlosesten Einwände gegen das große Plattenformat: man solle bei dem alten „Normalformat“ bleiben, damit die Besitzer von Stereoskopkameras, wo jede Plattenhälfte dies Format hat, nach jeder Bildhälfte durch Kontaktdruck ein Laternenbild herstellen können. Als ob die Zukunft der Projektion von den Besitzern der Stereoskopkameras abhängt, und eine kleinere Negativplatte sich nicht auch unmittelbar auf eine Diapositivplatte 9 × 12 cm kopieren läßt! Endlich wird der „viel höhere“ Preis der größeren Platten ins Feld geführt. Tatsächlich liegen die Verhältnisse so, daß im Durchschnitt das Dutzend 9 × 12-Diapositivplatten 2 Mk., das Dutzend 8 × 8-Platten 1,25 Mk. kostet. Ein so geringfügiger Preisunterschied spielt bei den sonstigen Kosten der Aufnahme u. s. w. keine Rolle. Nicht zu vergessen bleibt, daß man bei Anfertigung der Diapositive viel mehr Ausschuß hat, wenn die Aufnahmen in der Kamera verkleinert werden müssen, als wenn man nach der Originalplatte im Kopierrahmen eine Kontaktkopie herstellen kann. Außerdem ist das Verkleinern eine zeitraubende und mühselige Sache. Ganz abgesehen davon, daß man das jetzt auf Reisen beinahe ausschließlich verwendete Plattenformat 9 × 12 cm ohne Verkleinerung für das große Diapositivformat benutzen kann, wird es sich häufig ereignen, daß ein 8 × 11 cm messender Ausschnitt aus einer größeren Platte (z. B. 13 × 18 cm) ohne Verkleinerung ein vorzügliches Bild liefert, während dies bei dem Ausschnitte von 7 × 7 cm nicht mehr der Fall ist.

Wohlweislich wird von den Gegnern des 9 × 12-Formates verschwiegen, daß es für die Schärfe des projizierten Bildes von Wert ist, wenn man, um auf dem weißen Schirm bestimmte Bildgröße zu haben, die Vergrößerung des Glasbildes nicht so weit zu treiben braucht, wie bei dem kleinen Format. Um ein Bild von 11 cm größter Seitenlänge auf 3 m zu bringen, ist 27,3fache Vergrößerung notwendig; um dagegen ein Bild von 7 cm auf 3 m zu bringen, bedarf man 42,8facher Vergrößerung!

Alles in allem ist es daher in jeder Beziehung von Vorteil, wenn man die Glasbilder auf Platten 9 × 12 cm herstellt. Kleine Bilder geben die beste Helligkeit, wenn man sie mit großen, dreiteiligen Kondensoren projiziert; Vorbedingung ist hierbei Verschiebbarkeit der Bildbühne.

Die früher zum Bedecken der Bilder allgemein verwendeten schwarzen Papiermasken, die bei dem alten „Normalformat“ den Bildern die Größe 7 × 7 cm mit abgerundeten Ecken gaben, in neuerer Zeit aber auch in anderen Größen mit oder ohne abgerundete Ecken hergestellt wurden, sind ein Überbleibsel aus einer überwundenen Periode der Projektionskunst. Die verschiedenen Bilder lassen sich nicht über einen Leisten behandeln. Manches Landschaftsbild ist unter der landesüblichen Maske völlig reizlos, während es vorzüglich wirkt, wenn man vom Himmel oder Vordergrund einen Teil abdeckt. Man muß also bei jedem Bilde individualisieren; das läßt sich niemals mit den schematischen Masken erreichen. Daher ist es auch ganz nutzlos, darüber zu streiten, ob vom künstlerischen Standpunkte aus ein quadratisches oder anders gestaltetes Bild vorzuziehen sei. Das man selbst mit kreisrundem Format vorzügliche Wirkung erzielen kann, bewies Raffael mit seiner Madonna

della sedia. Wer jedoch keine Anlage zum Raffael in sich spürt, verzichte lieber auf kreisrunde Formate; sie wirken meist recht kläglich und erinnern allzu lebhaft an das Kinderspielzeug Laterna magica.

Der weiße Schirm.

Die Beschaffenheit des zum Auffangen der Strahlen bestimmten weißen Schirmes ist von wesentlichem Einfluß auf die Helligkeit des Bildes. Früher war es allgemein üblich, den Bildwerfer hinter dem weißen Schirm aufzustellen. Zu dem Zwecke muß der Vorhang aus möglichst dünnem Schirting bestehen, damit die nötige Menge Licht durch denselben hindurchgelangt. Um die Durchlässigkeit zu erhöhen, wird der Stoff mit Glyzerinwasser befeuchtet. Der Glyzerinzusatz hat den Zweck, schnelles Auftrocknen des Wassers zu verhindern. Noch besser ist es, den Vorhang mit Paraffin, dem man etwas Baumöl hinzusetzt, zu durchtränken. Der Vorhang wird hierdurch sehr durchsichtig, bleibt weich, und das lästige Anfeuchten fällt fort. Nach Bühring ist auch Pauseleinen für Projektion mit durchfallendem Licht sehr geeignet, in noch höherem Maße aber ein unter dem Namen Linon im Handel befindliches Baumwollengewebe. Weit durchlässiger als irgend ein Gewebe sind geöltes Seidenpapier und Mattscheiben. Letztere verbieten sich für große Formate schon durch ihren hohen Preis und die Zerbrechlichkeit; sie sind jedoch für Durchsichtsprojektion recht empfehlenswert für solche Projektionsmethoden, wo es sich, wie bei Vorführung Lippmannscher und Woodscher Farbenphotographieen, wegen der Lichtschwäche der Bilder nur um mäßige Vergrößerung handelt. Da man hierbei gewissermaßen in die Lichtquelle hineinsieht, so erscheinen die Bilder außerordentlich hell. Leider hat man aber den Eindruck großer Helligkeit nur, wenn man sich ungefähr in der Achse des vom Apparate ausgehenden Lichtkegels befindet. Steht der Zuschauer seitlich, wie dies bei der Mehrzahl der Plätze in größeren Sälen stets der Fall sein wird, so erscheint das Bild dunkel. Hier liegen die Verhältnisse ähnlich, wie bei den Laternen der Lokomotive, wo man auf weite Entfernung hin durch den Glanz des Lichtes geblendet wird, sobald man sich in der Achse des von den Reflektoren zurückgestrahlten Lichtes befindet, aber nur ein unscheinbares Flämmchen sieht, wenn man sich die Laterne von der Seite betrachtet.

Mattscheiben für die Projektion lassen sich nach Behrens[1]) auch dadurch herstellen, daß man eine große, schwach angewärmte Glasplatte ganz dünn mit geschmolzenem Paraffin überzieht.

Selbst die dünnsten Gewebe bedingen bei Durchsichtprojektion außerordentliche Lichtverluste; außerdem kann es sich ereignen, daß der Zuschauer durch den Schirm das hell erleuchtete Objektiv als störenden Lichtfleck erblickt, Wie früher auseinandergesetzt, liegen auch die Lichtverhältnisse an sich

---

1) Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie 1898, Bd. 15, S. 7 bis 23.

ungünstig, wenn man mit kurzbrennweitigen Objektiven arbeitet; solche Objektive sind aber bei Aufstellung des Apparates hinter dem weißen Schirm fast stets notwendig, weil der verfügbare Raum beschränkt ist. Aus all diesen Gründen ist die Durchsichtprojektion jetzt fast ganz verlassen.

Bei der Aufsichtprojektion bleibt es von größtem Wert, daß das Licht von dem weißem Schirm in möglichst vollkommener Weise reflektiert wird. Am besten erreicht man dies durch eine Gipsfläche oder weiß getünchte Wand; da dieselben jedoch in den seltensten Fällen vorhanden sind, so muß man sich der Regel nach mit einem weißen Vorhang aus Schirting oder Leinewand behelfen. Schirtingvorhänge werden aus einem Stück ohne Naht bis zu 6 × 6 m gefertigt. Leinentücher sind, bei beliebiger Länge, nur bis zu 2,5 m Breite erhältlich. Breitere Stücke werden nur zu sehr hohen Preisen angefertigt. Nähte machen sich, wofern sie nicht mitten durch das Bild laufen, bei der Projektion nicht besonders störend bemerkbar. Genähte Vorhänge rollen und spannen sich jedoch schlecht, und die bleibenden Falten beeinträchtigen die gleichmäßige Helligkeit. Leinewandvorhänge reflektieren besser, wie solche aus Schirting; ihr Preis ist aber höher. Da man durch Bestreichen mit weißer Farbe die Poren schließen und die Reflexionsfähigkeit des Schirtings erhöhen kann, so genügen gute Schirtingvorhänge für alle Zwecke.

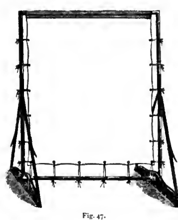


Fig. 47.

Über die notwendige Größe des Vorhanges bei vorhandenem Objektiv und festem Standpunkt des Apparates sprachen wir auf S. 47. Vor übertriebener Größe muß gewarnt werden. Das Bild gewinnt niemals, wenn es unnötig in die Länge gezogen wird, und die Riesenvorhänge sind schwer zu regieren. Über 4 × 4 m hinauszugehen, wird nur notwendig, wenn es sich um ungewöhnlich große Säle handelt.

Zum Aufspannen des weißen Schirmes werden zusammenlegbare Gestelle (Fig. 47), die am besten aus dünnem Stahlrohr bestehen, in den Handel gebracht. Ein solches Gestell mit zugehörigem Schirtingvorhang in Größe von 4 × 4 m nebst Beutel zur Aufbewahrung kostet 80 bis 100 Mk., bei Größe des Vorhanges von 2,5 × 2,5 m 30 Mk. Ohne Gestell kostet ein weißer Schirtingvorhang in Größe von 2,5 × 2,5 m 14 Mk., in Größe von 4 × 4 m 54 Mk.[1]). Bleibt der Vorhang dauernd an seinem Platze, so ist es zweckmäßig, ihn unten mit einem starken Rundstabe zu versehen und ihn aufrollbar zu machen.

1) Bezugsquelle für 3 bis 5 m breite Schirtings, die nach laufendem Meter verkauft werden: Chr. George. Berlin, Breitestraße 25.

Ein besonders schlauer Kritiker hielt sich bei Besprechung der ersten Auflage dieses Lehrbuches darüber auf, daß der in Fig. 47 abgebildete Schirm nicht brauchbar sei, weil die weiße Fläche nicht hoch genug über dem Erdboden steht. Daß man im Bedarfsfalle das ganze Gestell auf einen Tisch, einige Stühle oder dergl. setzen kann, geht über die Vorstellungsgabe dieses Herrn hinaus.

Um die Poren des Stoffes zu schließen und dadurch die Reflexionsfähigkeit zu erhöhen, muß man denselben mit weißem Anstrich überziehen. Verschiedenes wurde hierfür empfohlen, z. B. Stärkekleister, dem etwas Magnesia zugesetzt ist. Hierdurch erhält jedoch der Vorhang einen Stich ins Graue. Weiße Ölfarbe ist nicht zu brauchen, weil sie nach dem Trocknen brüchig wird und beim Rollen oder Zusammenlegen des Vorhanges ungleichmäßig abspringt. Gut bewährt sich ein Überstrich aus Zinkweiß, Ei (Eiweiß und Dotter), etwas Dextrin und wenig Gummiarabikum. Die Farbe ist breiartig; mit derselben ist der Vorhang auf beiden Seiten zu bestreichen. Ein solcher Vorhang bleibt weich und wird auch beim Zusammenrollen nicht brüchig. Ebenso wirkt nachfolgender Anstrich, der heiß aufgetragen wird: Wasser 5 Liter, weißer, gequollener Leim 500 g, Glyzerin 500 ccm, Zinkweiß 1 kg.

Die Firma Zeiß empfiehlt zum Bestreichen des Vorhanges Zinkweißleimfarbe; kurz bevor die Farbe getrocknet ist, wird die Fläche mit Hilfe eines Zerstäubers mit feinst geschlämmter Kreide überpudert.

Noch besser als Schirting und Leinewand reflektiert weißes Papier. Unter den verschiedenen Papiersorten leistet das mit leichtem Gelbstich versehene Kupferdruckpapier das Hervorragendste. Die gewöhnlichen weißen Papiersorten zeigen, wenn sie vom Lichte des Bildwerfers beschienen sind, in der Regel einen Stich ins Graue, während das gelbliche Kupferdruckpapier dann rein weiß erscheint. Genanntes Papier ist 1,5 m breit in beliebiger Länge durch jede größere Papierhandlung, z. B. Honrath, Berlin, Charlottenstraße 62, zu beziehen; das laufende Meter kostet 1 Mk. Da dies Papier wenig widerstandsfähig ist, so wird man dasselbe, sobald es sich um größere Projektionsschirme handelt, auf Stoffunterlage aufkleben. Bei großen Schirmen müssen zwei oder drei Papierbreiten aneinander gefügt werden. Ein Papiervorhang, 1,5 m breit und 2 m lang, der oben und unten wie eine Landkarte mit zwei Rundstäben versehen ist, reicht für kleine Säle vollständig aus.

Eine vortrefflich reflektierende Fläche bieten Mattscheiben, die man auf der blanken Glasseite versilbert. Leider sind dieselben wegen des hohen Preises und Gewichtes in großen Formaten nicht verwendbar.

Man hat vorgeschlagen, den Vorhang mit gelblicher oder grauer Farbe anzustreichen, um die künstlerische Wirkung der Bilder zu erhöhen. Wir müssen hiervon entschieden abraten, denn durch einen Anstrich dieser Art werden nur die Gegensätze vermindert, d. h. das Bild wird im ganzen verdunkelt. Erste Forderung bleibt aber möglichst große Helligkeit. Wer letztere nicht liebt, braucht nicht den teueren Vorhang durch einen unzweckmäßigen Anstrich zu ruinieren, sondern nur die Lampe etwas niedriger zu schrauben. Man hört nicht selten die Behauptung, daß bei rein weißem Vorhange die

Bilder zu kalkig wirken. Letzteres kann nur eintreten, wenn die Diapositive der zarten Halbtöne entbehren. Hat man während eines Projektionsvortrages derartige Bilder vorzuführen, so kann man sich dadurch helfen, daß man eine hellgelbe Scheibe einschaltet. Dann bleibt für die guten Bilder der Vorhang in seiner vollen Schönheit verfügbar.

Für besondere Zwecke kann es notwendig werden, den weißen Vorhang mit matter Silberfolie zu belegen, dann nämlich, wenn man mit polarisiertem Licht arbeitet und die Polarisation durch den weißen Vorhang nicht aufheben will. Wir werden hierauf in dem Abschnitt über stereoskopische Projektion zurückkommen.

Auf den Ersatz des weißen Vorhanges durch Rauch- und Dampfwolken, wie dies z. B. bei Geistererscheinungen im Theater angewendet wird, brauchen wir nicht näher einzugehen, da dergleichen Spielereien, wie die sonstigen Spezialitäten der Theaterprojektion für ernste Zwecke wertlos sind.

O. Zoth[1]) schlägt vor, den Projektionsschirm nach Art der Hohlspiegel konkav aus weiß gestrichenem Blech zu fertigen. Die Mitte des Bildes — bei Landschaften also in der Regel die Ferne — steht dann auf dem hohlen Schirm vom Zuschauer ein wenig weiter entfernt, als die Seiten. Die körperliche Wirkung soll hierdurch vermehrt werden. Abgesehen davon, daß letzteres unmöglich zutreffen kann, befinden sich nicht selten in der Mitte des Bildes Gegenstände, die im Vordergrunde stehen.

Damit es auch in der Projektion an wunderbaren Erfindungen nicht mangele, schlug man in England[2]) vor, das Bild statt auf einem weißen Schirm auf einer sich sehr schnell drehenden, langen, weißen Latte aufzufangen. Infolge von Andauer des Gesichtseindruckes macht die kreisende Latte den Eindruck einer runden weißen Fläche. Vielleicht weiß man die hohen Vorzüge einer solchen Projektionswand in England besser zu würdigen, als bei uns.

1) Laterna magica 1896, Nr. 48, S. 59.
2) Laterna magica 1889, Nr. 43, S. 34.

II. Teil.

Apparate für besondere Zwecke.

Nebelbildapparate. Doppelapparate.

Als die Projektionskunst noch beinahe ausschließlich von herumreisenden „Salonprofessoren" ausgeübt wurde, spielten die Nebelbildapparate eine wichtige Rolle. Das Geheimnisvolle der Vorführung wurde dadurch erhöht, daß sich das projizierte Bild im Nebel verlor und aus demselben Nebel dann das folgende Bild auftauchte. Man erreicht diese Wirkung durch zwei gleiche, neben- oder übereinander aufgestellte Apparate, welche ihren Lichtkreis auf dieselbe Stelle des Projektionsschirmes werfen. Durch langsames Schließen des einen und ebenso langsames Öffnen des anderen Objektives mit Hilfe von Verschlüssen, die an den Seiten ausgezahnt sind, wird ein allmählicher Übergang des einen Bildes in das andere ermöglicht. Allerhand kindliche Unterhaltungen wurden mit Hilfe dieser Vorrichtung dem Publikum vorgesetzt, z. B.: Jakob und die Himmelsleiter; das erste Bild zeigt Jakob auf dem Felde schlafend; nun steckt man in die zweite Laterne ein Bild, welches die Himmelsleiter mit den Engeln darstellt, von denen Jakob träumt, und läßt die zweite Laterne langsam in Wirksamkeit treten; die Engel mit der Himmelsleiter kommen aus der Verwaschenheit allmählich zum Vorschein; wenn Jakob ausgeschlafen hat, verschwindet das zweite Bild wieder und man sieht auf einem dritten, welches mittlerweile in die erste Laterne befördert ist, den träumerisch veranlagten jungen Mann beim Erwachen. Es würde Raumverschwendung sein, wollten wir die verschiedenen Verschlüsse beschreiben, welche angegeben sind, um ein möglichst geisterhaftes Übergleiten des einen Bildes in das andere zu gewährleisten. Damit unter Anwendung von Kalk- oder Gaslicht nicht beide Laternen unnötig gleichzeitig brennen, wurden die kompliziertesten Hähne konstruiert, um die verschiedenen Gasarten rechtzeitig ein- und auszuschalten [1]).

Nicht genug mit zwei Laternen; für viele Knalleffekte dieser Art waren drei gleichartig gebaute und übereinander angeordnete Laternen notwendig. Für dergleichen dreistöckige Ungetüme wurde ein besonders schöner Name erfunden: Agioskop. Um unseren Lesern eine kleine Vorstellung von den Herrlichkeiten zu geben, welche das Agioskop vorzuzaubern vermag, diene

1) Näheres hierüber in Laterna magica 1898 und 1899, Nr. 56 und 57.

folgende Beschreibung: „Das Haus in Brand". Zunächst sieht man das Haus am Tage (I. Laterne), dann bei Nacht (II. Laterne); es bricht Feuer aus (in der III. Laterne befindet sich eine „bewegliche Feuerplatte", welche gleichzeitig mit dem Bilde der II. Laterne auf den weißen Vorhang projiziert wird); die Feuerwehr rückt an (I. Laterne); Schluß: die verkohlten Überreste (II. Laterne). Zu der ganzen Schauerszene sind also fünf Bilder erforderlich. Man glaube aber nicht, daß es sich bei dem Anrücken der Feuerwehr um wirkliche Bewegungsbilder handelt, wie wir dieselben bei kinematographischen Darstellungen zu sehen gewohnt sind. Bei den zwei- und dreiteiligen Nebelbildapparaten ist jede einzelne Darstellung leblos (zumeist handelt es sich um gemalte Glasbilder), nur die „beweglichen Feuerplatten" und die „beweglichen Wasserplatten" besitzen Vorrichtungen, bei denen durch gegenseitiges Verschieben von zwei bemalten Glasplatten der Eindruck hervorgerufen wird, als ob Feuer lodert oder Wellen sich bewegen. Man liebte es auch, kreisende Räder (z. B. Mühlräder oder dergl.) vorzuführen; dann mußte aber im Glasbilde ein drehbares Rad angebracht werden, welches während der Vorstellung in Umdrehung versetzt wird.

Eine beliebte Darstellung für die dreifache Laterne war auch das Auswandererschiff: das Schiff in vollem Sonnenlichte (I. Laterne); das Schiff bei Nacht (II. Laterne); es beginnt zu blitzen (in der III. Laterne befindet sich eine Platte mit gemalten Blitzen, welche gleichzeitig mit dem Bilde der II. Laterne projiziert werden; das Aufleuchten der Blitze wird dadurch bewerkstelligt, daß man die ausgepreizte Hand vor dem Objektiv der III. Laterne bewegt); das Schiff brennt (in der I. Laterne befindet sich eine „bewegliche Feuerplatte", welche gleichzeitig mit dem Bilde der II. Laterne projiziert wird); Schlußbild: das Wrack des Schiffes.

Noch bis vor wenigen Jahren wurden in den Preisverzeichnissen über Projektionsartikel Agioskope angeboten, welche die Kleinigkeit von 2250 Mk. kosteten, also jedenfalls nicht als Weihnachtsgeschenk für unsere Kleinen gedacht waren. Jetzt scheint für diese Drillings-Mißgeburten, die vorwiegend in England gebaut werden, in Deutschland wenigstens keine Nachfrage mehr zu sein.

Da die dreifachen Laternen etwas kostspielig sind, so suchte man sich dadurch zu helfen, daß man an einem großen, mit einer einzigen Lichtquelle ausgestatteten Kasten in bestimmter Winkelstellung drei Kondensoren mit drei Objektiven anbrachte. Die beiden seitlichen Objektive tragen vorn total reflektierende Prismen[1]). Allgemeine Verbreitung fanden dergleichen Vorrichtungen nicht.

Um bei Nebelbildern grausenerregende Wirkungen zu ermöglichen (wofür man wieder einen besonderen Namen: „Phantasmagorien" erfand), setzte man den Apparat auf ein mit Gummirädern versehenes Gestell, mit dessen Hilfe der Bildwerfer während der Projektion zurückgeschoben wird, so daß die Bilder auf der weißen Wand größer werden und den Eindruck erwecken, als

1) Laterna magica 1899, Nr. 57, S. 9; Nr. 58, S. 39.

ob sie auf den Beschauer losstürzen. Bei Projektion naturwahr gemalter Teufel soll dies selbst bei großen Kindern eine Gänsehaut erzeugt haben.

Doppelapparate können auch ernsten Zwecken dienen: der gleichzeitigen Vorführung von zwei Bildern, deren Vergleich von Interesse ist. Auch bei Vorträgen über Länderkunde kann man das Bild einer Landkarte längere Zeit stehen lassen und daneben die Einzelbilder der Reise vorzeigen. Einen Bildwerfer dieser Art, der mit einer Bogenlampe ausgerüstet ist, konstruierte A. Krüß in Hamburg. Von der Lampe werden zwei Strahlenbündel, welche unter einem Winkel von 90 Grad gegeneinander liegen, benutzt. Das eine dieser Bündel geht direkt durch ein Projektionssystem; das andere wird

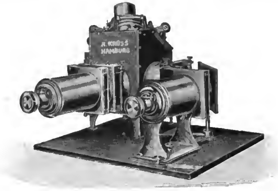


Fig. 48.

durch einen Spiegel um 90 Grad abgelenkt und so in dieselbe Richtung gebracht, wie das erste (Fig. 48). Das Objektiv des zweiten Systemes kann seitlich bewegt werden, um die Bilder auf dem weißen Schirm nahe aneinander zu bringen. Hierbei wird der Spiegel automatisch derart mitbewegt, daß das wirksame Lichtbündel immer durch die Mitte des Objektives geht. Eine besondere Regulierung an den Kohlen bewirkt, daß in die beiden Objektive immer die gleiche Lichtmenge tritt und daher die beiden Bilder gleich hell erscheinen. Soll der Bildwerfer als Einzelapparat verwendet werden, so ist die elektrische Lampe derart umzulegen, daß das volle Licht in den Haupttubus geht.

Eine Vorrichtung dieser Art erfordert natürlich bei sonst gleichen Konstruktionsbedingungen einen weißen Vorhang von doppelter Breite.

Projektion nach der Methode von Ives.

Die nach dem Verfahren von Ives hergestellten, farbigen Aufnahmen erfordern zu ihrer Projektion besondere Apparate, da die drei Teilbilder — jedes für sich — derart zu projizieren sind, daß dieselben auf dem weißen Schirm sich genau decken. Dies kann mit Hilfe des im vorigen Abschnitte beschriebenen, dreiteiligen Bildwerfers geschehen. Wegen des hohen Preises desselben und der umständlichen Handhabung konstruierte Ives einen besonderen Apparat, bei dem die Dreiteilung des von einer einzigen Lichtquelle ausgestrahlten Lichtes durchgeführt ist[1]).

a (Fig. 49) ist eine Sammellinse, welche nahe an die Lichtquelle *L* gebracht wird, nachdem deren Vorbau mit Objektiv und Kondensor abgenommen ist. Durch die Linse *a* werden die Strahlen parallel gemacht und gelangen so auf *b*. *b* und *c* sind mehrfache Lagen von sehr dünnem, farblosem Glase. Man wählte die mehrfache Glasschicht an Stelle einer einfachen Scheibe, weil erstere mehr Licht reflektiert; *d* und *e* sind versilberte Spiegelscheiben; *f* eine blaue, *g* eine grüne, *h* eine rote Glasscheibe; *i*, *k*, *l* Sammellinsen; *m*, *n*, *o* die zu projizierenden Diapositive; *p*, *q*, *r* drei völlig gleichartige Projektionsobjektive. Letztere sind nicht starr miteinander verbunden, sondern sie lassen sich derart bewegen, daß die von ihnen auf den weißen Schirm projizierten Bilder sich entweder genau decken oder nebeneinander liegen. Die Lichtstrahlen, welche das Diapositiv *n* zu beleuchten haben, passieren die durchsichtigen Scheiben *b* und *c*. Ein Teil der Strahlen wird auf der Oberfläche von *b* reflektiert, gelangt zum Silberspiegel *d* und von diesem durch die rote Scheibe *h* und durch die Linse *l* zum Diapositiv *o*. Ein anderer Teil der Strahlen wird auf der Oberfläche von *c* reflektiert, gelangt zum Silberspiegel *e* und von diesem durch die blaue Scheibe *f* und durch die Linse *i* zum Diapositiv *m*. Die Spiegel *e* und *d* folgen den Bewegungen der Objektivträger derart, daß die Strahlen stets für die Objektive zentriert bleiben.

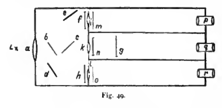


Fig. 49.

Da durch Dreiteilung des Lichtes, die wiederholten Reflexionen und die farbigen Scheiben viel Licht verschluckt wird, so sind nur elektrische Bogenlampen mit hoher Ampèrezahl (20 bis 25) für Projektionen dieser Art verwendbar. In ungefähr 1 qm Größe ist dann das Bild auf dem weißen Schirm hinreichend leuchtend.

In ausgezeichnetster Weise kann man mit Apparaten dieser Art das Entstehen der Mischfarben studieren. Zu diesem Zwecke nimmt man die Diapositive heraus und projiziert die farbigen Gläser auf dem weißen Schirm

1) Photogr. Rundschau 1898, Heft 11, S. 348.

nebeneinander; dann verschiebt man die Objektive allmählich derart, daß sich die farbigen Felder decken. Besonders interessant ist es zu beobachten, wie aus Mischung von Rot und Grün Gelb entsteht und aus Mischung von Rot, Grün und Blau reines Weiß. Schwarz wird lediglich durch den dunklen Silberniederschlag der Diapositive geliefert.

Die Dreiteilung des Lichtes bringt natürlich erhebliche Übelstände mit sich. Man baute deshalb für die Ives-Projektion besondere dreiteilige Bildwerfer, die mit drei Lichtquellen, drei Kondensoren und drei Objektiven ausgerüstet sind. Der nach den Angaben von Prof. A. Miethe von Bermpohl in Berlin gebaute Apparat liefert bei mäßigem Preise mit drei Kalklichtbrennern recht Gutes. Eine in jeder Beziehung vorzügliche Konstruktion ist diejenige von der Firma C. P. Goerz (Friedenau bei Berlin)[1]), welche in Bezug auf optische Ausrüstung und genaue Zentrierung den höchsten Anforderungen genügt.

Die „Urania" in Berlin, welche der Dreifarbenprojektion besondere Sorgfalt widmet, ließ unter der Leitung von Dr. Donath durch Ferdinand Ernecke in Berlin einen Apparat bauen[2]), welcher nach jeder Richtung hin aufs sorgfältigste durchdacht und ohne Rücksicht auf die Kosten (rund 8000 Mk) so ausgeführt ist, daß selbst auf einem Riesenvorhang von 5×6 m die Bilder in wunderbarer Helligkeit erscheinen. Das Licht wird geliefert durch drei nebeneinander aufgestellte Handregulier-Bogenlampen, von denen jede mit ungefähr 65 Ampère brennt. Im ganzen steht also eine Lichtstärke von rund 200 Ampère zur Verfügung, wozu eine Maschine von 45 Pferdekräften notwendig ist. Allerdings geht die größere Hälfte dieser ungeheueren Lichtfülle in den Filtern wieder verloren. Damit die drei Lampen mit genau gleicher Helligkeit brennen (das Überwiegen eines Teilbildes in Bezug auf Helligkeit würde die Gesamtwirkung aufs nachteiligste beeinflussen) ist jede einzelne Lampe mit guten Reguliervorrichtungen und einem Apparat zum Messen der Stromstärke ausgerüstet. Durch Luftzug und Platten aus Hartglas werden die Kondensoren vor übermäßiger Erwärmung geschützt. Zwischen Beleuchtungslinsen und Glasbild sind Kühlkammern von 5 cm lichter Weite angebracht, in denen sich die als Lichtfilter benutzten, gefärbten Flüssigkeiten befinden. Zur Projektion dienen drei eigens für diese Zwecke konstruierte Objektive, deren Brennweite genau übereinstimmt, um gleiche Größe der drei Teilbilder zu gewährleisten. Auch ist durch die Korrektion der Gläser dafür Sorge getragen, daß das rote, grüne und blaue Teilbild genau gleiche Größe hat. Zwei dieser Objektive sind fest montiert; das dritte, für das Rotbild bestimmte, gestattet geringfügige, an einer Skala abzulesende Verschiebung, um im Notfalle eine kleine Korrektur der Größe dieses Bildes herbeiführen zu können. Die drei Teilbilder werden auf lange Spiegelglasplatten aufgeklebt, welche ihrerseits bei der Projektion mit festem Anschlage

1) Prometheus Nr. 758, S. 471.

2) Himmel und Erde 1903, Heft 7, S. 289. Photogr. Rundschau 1903, Heft 8, S. 106.

auf einem Halter aus Metall ruhen. Genaueste Justierung der drei Diapositive auf dieser Glasplatte ist unerläßliche Vorbedingung zum Gelingen der Projektion. Während man nämlich bei den übrigen Konstruktionen dieser Art alle möglichen Regulierungen anbrachte, um Fehler in der Deckung und in der Helligkeit der drei Teilbilder auszugleichen, nahm man hier — abgesehen von der Verschiebbarkeit des Objektives für das Rotbild — von allen Regulier- und Korrigiervorrichtungen Abstand. Es stellte sich nämlich heraus, daß Vorrichtungen dieser Art viel dazu beitragen, das Projizieren nach dieser Methode infolge des ewigen Herumprobierens unerträglich zu machen. Bei Konstruktion des neuen Apparates ging man von dem Grundsatze aus, daß vorher alles derart genau zum Stimmen zu bringen ist, daß Korrektionen während der Projektion überflüssig werden. Der Erfolg bewies, daß dies Verfahren bei Projektionen vor größerem Zuschauerkreise das richtige ist.

In dem Bestreben, eine möglichst einfache und mit verhältnismäßig geringen Mitteln zu beschaffende Vorrichtung für Dreifarbenprojektion herzustellen, benutzt J. Precht[1]) eine Schuckert-Lampe von 25 Ampère Stromstärke und sendet ihr Licht durch ein in Brennweite-Abstand (30 cm) befindliches Zweilinsensystem von 22,5 cm Durchmesser. Das aus diesem System austretende, parallele Lichtbündel durchsetzt einen Wasserkasten und wird bei der gewöhnlichen Art der Projektion durch eine plankonvexe Kondensorlinse von gleichem Durchmesser wieder konvergent gemacht (vergl. Fig. 19 auf S. 22). Diese plankonvexe Linse ersetzt nun Precht durch drei rechteckig geschnittene, nebeneinander angeordnete, plankonvexe Beleuchtungslinsen von 65 × 60 mm mit 12 cm Brennweite. Letztere bilden zusammen eine Linsenfläche von 65 × 180 mm; das von dem Zweilinsenteil kommende, parallelstrahlige Licht wird durch sie also in drei gleichartige, konvergente Strahlenkegel gespalten. Unmittelbar vor den drei kleinen Linsen werden die drei Diapositive, welche zusammen ebenfalls das Format 65 × 180 mm haben, angebracht. In entsprechendem, gegenseitigem Abstande werden drei Objektive von 12 cm Brennweite auf dem vordersten Reiter der optischen Bank befestigt. Das Mittelobjektiv ist mit der mittleren Beleuchtungslinse ein für alle Mal zentriert, während die beiden seitlichen Objektive durch Schraubenbewegungen verstellbar sind. Die Lichtfilter befinden sich an den Objektiven.

Bei der Einrichtung von Precht wird noch nicht der dritte Teil des von der Lampe gelieferten Lichtes ausgenutzt: das vom Zweilinsenteil kommende, parallele Lichtbündel hat (unter Fortlassung der äußersten unbrauchbaren Randzone) einen Querschnitt von ungefähr 360 qcm; die drei Teilbilder zusammen bedecken hiervon aber nur 117 qcm. Da überdies ein Bildwerfer mit Beleuchtungslinsen von 22,5 cm Durchmesser nur ganz ausnahmsweise vorhanden ist (die Bildwerfer für Diapositivformat 9 × 12 cm

1) Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie, Photophysik und Photochemie 1904, Heft 2, S. 60.

haben bekanntlich Kondensoren von 15 bis 16 cm Durchmesser), so stellt sich die Prechtsche Einrichtung kaum billiger, als der viel leistungsfähigere Bermpohlsche Apparat.

Projektion farbiger, nach Jolys Verfahren gefertigter Bilder.

Die Herstellung der Jolyschen farbigen Bilder[1]) geschieht bekanntlich derart, daß man eine Glasplatte mit einem System feiner, paralleler Linien (rot, grün, blau) überzieht, diese Platte bei der Aufnahme unmittelbar vor der lichtempfindlichen, orthochromatischen Platte anbringt, nach dem so gewonnenen Negativ ein Diapositiv fertigt und letzteres an Stelle des Deckglases mit einer Farbenstrichplatte bedeckt, ähnlich derjenigen, wie dieselbe zur Aufnahme benutzt wurde. Da jede Deckglasstrichplatte 15 Mk. kostet[2]), so verursacht es außerordentliche Ausgaben, will man eine größere Anzahl derartiger Bilder projizieren. Dieselbe Strichplatte der Reihe nach auf die verschiedenen Diapositive zu legen und sie dann in den Schieberahmen einzustecken, ist nicht ausführbar, weil die Platte genau auf das Diapositiv aufzupassen und dann mit demselben fest zu verkleben ist. Verschiebt sie sich auch nur um den kleinen Bruchteil eines Millimeters, so erhält man falsche Farben.

Um nun doch eine größere Anzahl Aufnahmen projizieren zu können, ohne die gleiche Anzahl Deckglasstrichplatten zu besitzen, konstruierte Verfasser einen Rahmen, in welchem die Deckglasstrichplatte fest eingebaut ist. Das zu projizierende Diapositiv wird auf letztere Platte gelegt und mit Hilfe von zwei im Winkel von 90 Grad gegeneinander wirkenden Schrauben so lange verschoben, bis die Deckung der Striche richtig ist, d. h. bis die richtigen Farben im Bilde erscheinen. Hat man zwei Rahmen zur Verfügung, so richtet man das Bild in dem einen, während der andere sich im Projektionsapparate befindet; man kann also in ununterbrochener Reihe eine unbegrenzte Anzahl farbiger Bilder mit nur zwei Deckglasstrichplatten vorführen.

Prächtige Farbenspiele lassen sich zur Anschauung bringen, wenn man eine Diapositivplatte unter der Aufnahmestrichplatte kopiert und nun die so erhaltene schwarz-weiße Strichplatte in den Rahmen mit Hilfe der Schrauben vor der farbigen Deckglasstrichplatte hin- und herbewegt.

1) Photogr. Rundschau 1896, Heft 4, S. 126; Heft 5, S. 155.

2) Jolysche Deckglasstrichplatten verschwanden schon seit mehreren Jahren ganz aus dem Handel. Die wiederholt angekündigten billigeren Neuerungen auf diesem Gebiete sind bisher noch nicht erschienen. Durch die Autochromplatten von Lumière in Lyon ist das Jolysche Verfahren weit überholt.

Projektion farbiger, nach Woods Verfahren gefertigter Bilder.

Zum Verständnis der Projektionsmethode der Woodschen farbigen Bilder zunächst einige Worte über Herstellung derselben[1]): Wood fertigt von dem aufzunehmenden Gegenstande drei Negative mit Hilfe eines roten, grünen und blauen Lichtfilters. Nach den so gewonnenen Negativen stellt er Diapositive her, die nunmehr zum Kopieren benutzt werden. Das Kopieren geschieht auf Platten, die mit Kaliumbichromatgelatine überzogen sind. Zwischen Diapositiv und Kaliumbichromatgelatine-Platte wird beim Kopieren eine Platte eingeschaltet, die mit einem System sehr eng aneinander liegender Linien (Beugungsgitter) überzogen ist. Das Beugungsgitter kopiert also gleichzeitig mit dem Diapositiv.

Beim Kopieren der drei verschiedenen Diapositive wird nicht dasselbe Beugungsgitter verwendet; beim Kopieren des Rotdiapositives (d. h. desjenigen, wo das Negativ mit Hilfe des Rotfilters gewonnen wurde) ein solches, welches auf den Zentimeter etwa 1000 Linien enthält, für das Gründiapositiv ein solches mit 1250 Linien und für das Blaudiapositiv ein solches mit 1500 Linien. Da im Rotdiapositiv nur diejenigen Stellen, welche im Original rot waren, durchsichtig sind, so kopiert das Beugungsgitter nur an diesen Stellen mit. Ein Gleiches findet beim Grün- und Blaudiapositiv statt.

Betrachtet man ein auf diesem Wege hergestelltes Bild in der Durchsicht, so erscheint die Platte beinahe völlig durchsichtig; nur ganz schwache Andeutungen des Bildes sind wahrnehmbar. Die Farben treten aber sofort aufs glänzendste hervor, wenn man die Betrachtung in dem eigens hierfür konstruierten Apparate vornimmt. Letzterer besteht aus einer Sammellinse von 25 cm Brennweite und einem kleinen, mit 1,5 mm breitem und 5 mm hohem Spalte versehenen Holzbrett, welches genau im Brennpunkte der Sammellinse aufgestellt ist. Man richtet diesen Apparat gegen eine schmale, in etwa 3 m Entfernung befindliche Lichtquelle (z. B. Auersches Glühlicht, vor dem man eine Blechplatte mit 5 mm breitem und 5 cm hohem Spalte anbringt), befestigt das Farbenbild unmittelbar vor der Sammellinse und schaut nun durch den feinen, in dem Holzbrettchen befindlichen Spalt nach der Lichtquelle. Durch geringfügiges Drehen des Apparates läßt sich leicht diejenige Stellung ermitteln, in der die Farben richtig erscheinen.

Das wunderbare Farbenspiel kommt folgendermaßen zu stande: Das für die Rotkopie verwendete Beugungsgitter von 1000 Linien zerlegt das weiße Licht in die Grundfarben und entwirft dort ein Spektrum, wo sich das Auge des Beobachters befindet. Das für die Grünkopie verwendete Gitter von 1250 Linien entwirft an derselben Stelle ebenfalls ein Spektrum; dasselbe ist jedoch wegen der größeren Linienzahl etwas mehr abgelenkt, so daß Rot des ersten Spektrums mit Grün des zweiten zusammenfällt. Endlich entwirft

1) Photogr. Rundschau 1901, Heft 1, S. 17.

auch das für die Blaukopie verwendete Gitter von 1500 Linien ein Spektrum; letzteres ist aber wegen der noch größeren Linienzahl noch mehr abgelenkt, so daß Blau dieses Spektrums mit dem Rot des ersten und dem Grün des zweiten zusammenfällt. Man hat schließlich also dasselbe, als ob die drei Originalplatten in den drei Farben Rot, Grün und Blau übereinander gedruckt wären.

Bei Projektion Woodscher Bilder ist die Anordnung folgendermaßen zu treffen (Fig. 50): Unmittelbar am Kondensor befindet sich eine geschwärzte Blechplatte *a*, in deren Mitte ein 10 cm hoher und 5 mm breiter Spalt angebracht ist. Etwa 50 cm von diesem Spalt entfernt wird das Woodsche Bild *b* vor einer Sammellinse *c* von 8 bis 10 cm Durchmesser und 15 cm Brennweite aufgestellt. Die Linse *c* entwirft ein Bild des Spaltes *a* auf dem Schirm *d*, der in seiner Mitte einen Spalt von 6 cm Höhe und 2 bis 3 mm Breite besitzt. *e* ist ein Objektiv von 40 bis 50 cm Brennweite. Recht brauchbar ist hierfür

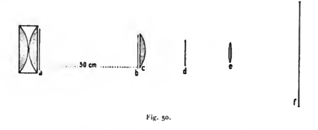


Fig. 50.

die Vorderlinse eines Porträtobjektives von etwa 10 cm Durchmesser. Der große Linsendurchmesser ist notwendig, um den ganzen von *c* kommenden Strahlenkegel aufnehmen zu können; andernfalls würde man ein lichtschwaches Projektionsbild erhalten.

Da bei dieser Projektionsmethode das Licht zwei schmale Spaltöffnungen zu passieren hat und durch die zweite *d* nur ein kleiner Teil desjenigen Lichtes hindurchgeht, welches von *c* kommt, so sind die Lichtverluste außerordentlich groß. Genügende Helligkeit erzielt man daher nur mit stärkster Lichtquelle, einer Bogenlampe von ungefähr 25 Ampère. Die Lichtquelle ist so aufzustellen, daß die Strahlen annähernd parallel aus dem Kondensor austreten. Wesentlich für gleichmäßige Helligkeit des Bildfeldes ist, daß *b* und *c* nicht zu nahe an *a* herangerückt werden. *d* muß nach vorn und hinten, nach rechts und links verstellbar sein. Außer dem farblosen, scharfen Bilde des Spaltes *a* zeigen sich rechts und links davon auf dem Schirm *d* mehrere Gruppen von Beugungsspektren. Der Regel nach hat man *d* so weit nach rechts oder links zu verschieben, daß die erste Gruppe von Beugungsspektren — und zwar diejenige Zone, wo Rot, Grün und Blau übereinander gelagert ist — auf den Spalt fällt. Bei einzelnen Aufnahmen erhält man bessere Farben, wenn man nicht die erste, sondern die zweite Gruppe von

Beugungsspektren (d. h. die Spektren zweiter Ordnung) zur Bilderzeugung benutzt.

Sobald der richtige Abschnitt der Beugungsspektren mit dem Spalt *d* zusammenfällt, erscheint auf dem weißen Schirm das Bild in den richtigen Farben. Schon bei geringfügigster Verschiebung des Spaltes ändern sich die Farben.

Zweckmäßig ist es, beide Spalten (*a* und *d*) in ihrer Breite verstellbar anzufertigen. Verbreitert man den Spalt *d*, so wird in Bezug auf Helligkeit des Bildes nicht viel gewonnen, die Farben werden nur unreiner, weil bei jedem Teilspektrum die benachbarten Strahlengebiete mit zur Wirksamkeit gelangen.

Verbreitert man den Spalt *a*, so tritt wesentlicher Zuwachs an Helligkeit ein. Gleichzeitig werden die Farben aus dem angeführten Grunde ebenfalls unreiner. Es ist nicht zweckmäßig, den Spalt *a* zu schmal zu wählen; denn abgesehen von der Lichtschwäche des Bildes sind die Farben bei sehr schmalem Spalt unnatürlich und erinnern an reine Spektralfarben. Gewisse Breite des Spaltes *a* und *d* ist notwendig, um den Farben den Charakter der Mischfarben zu verleihen. Verbreitert man den Spalt *a* bis 8 mm, so sind die Farben noch brauchbar.

Die dem Kondensor zugewendete Seite des Schirmes *d* muß weiß sein, damit man die Lage der verschiedenen Gruppen von Beugungsspektren gut erkennen kann.

Um die günstigste Stellung der Lichtquelle zu ermitteln, stellt man den Schirm *d* zuerst so ein, daß das farblose Bild des Spaltes *a* genau mit dem Spalt in dem Schirm *d* zusammenfällt. Man erblickt dann auf der weißen Wand *f* ein farbloses Bild der Woodschen Aufnahme, bei dem die Umrisse der dargestellten Gegenstände schwach angedeutet sind. Man verschiebt nun die Lichtquelle so lange, bis dies farblose Bild gleichmäßig hell und möglichst hell ist. Erst nachdem dies erreicht, wird *d* seitwärts verschoben, bis die richtigen Farben erscheinen.

Da die bis jetzt von Wood hergestellten Bilder klein sind (etwa 5 cm größte Seitenlänge), so kann man unbedenklich als Projektionsobjektiv eine gute, achromatisierte Einzellinse benutzen. Wenn dieselbe auch nicht ein so haarscharfes Bild liefert, wie ein Doppelobjektiv, so sind doch die durch Reflexion und Absorption bedingten Lichtverluste bei der Einzellinse am geringsten. Außerdem würden Doppelobjektive mit der notwendigen großen Brennweite und hinreichend großem Linsendurchmesser sehr teuer sein.

Bei Aufstellung des weißen Schirmes *f* ist zu berücksichtigen, daß man selbst bei hellster Lichtquelle über 1 qm Bildgröße nicht hinausgehen darf. Man wähle für den Schirm ein besonders gut reflektierendes Material oder projiziere für die Durchsicht auf einer Mattscheibe (Näheres hierüber in dem Abschnitte über den weißen Schirm, S. 81).

Der für die Projektion Woodscher Bilder notwendige Vorhau (*a* bis *e*) vor dem Kondensor, der aber keineswegs aus einem festen Metallrohr zu

bestehen braucht, hat ungefähr die Länge von 1 m. Am besten montiert man die verschiedenen Gegenstände auf einer optischen Bank.

Im Jahre 1899 konstruierte die Firma Zeiß eine denselben Zwecken dienende Vorrichtung, welche von der oben beschriebenen in einigen Punkten abweicht. An Stelle der einfachen Linse *e* (Fig. 50) setzt Zeiß ein astronomisches Fernrohr (Objektiv 100 mm; Okular 35 mm), dessen Objektiv mit Vorderblende (Schlitz oder Iris) versehen ist. Dies Fernrohr ist senkrecht zur Achse der Linse *c* verschiebbar und um eine senkrechte Achse drehbar, so daß es in die Richtung des Hauptstrahles gestellt werden kann. Die Blende am Fernrohrobjektiv bleibt dabei in der Ebene, in welcher die Abbildung des Spaltes *a* erfolgt. Auf diese Weise kann man sich durch direkte Okularbeobachtung von der Farbenwirkung überzeugen. Man stellt dann durch die Triebbewegung am Fernrohr das Bild für den Projektionsschirm scharf ein. An Stelle der Linse *c*, welche den Spalt *a* auf *d* abbildet, benutzt Zeiß ein symmetrisches Objektiv (Aplanat oder Satzanastigmat), in dessen Blendenebene die Bilder wie Schieberblenden eingeführt werden.

Projektion undurchsichtiger Gegenstände.

Schon in früher Zeit wurden Versuche unternommen, undurchsichtige Gegenstände, z. B. Bilder auf Papier u. s. w., zu projizieren. Da es bei der Ungunst der Verhältnisse überaus schwierig ist, hierbei genügende Helligkeit auf der weißen Wand zu erzielen, so erfand man wenigstens schöne Namen (z. B. Megaskop, Auxanoskop, Wunderkamera) für Instrumente, welche nach dem Wunsche ihrer Erfinder Derartiges ermöglichen sollen.

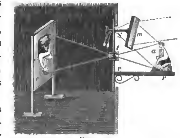


Fig. 51.

Die von Charles im Anfang des 19. Jahrhunderts konstruierte Wunderkamera (Fig. 51) diente ursprünglich nur zum Nachzeichnen. Die auf den Schirm *e* mit Hilfe des Objektives *t* projizierte Statue *a* wird durch direktes Sonnenlicht, welches auf den drehbaren Spiegel *m* fällt, hell erleuchtet.

Vielfach empfohlen wurde auch die Anordnung, welche in Fig. 52 dargestellt ist: Das durch den Kondensor parallel gemachte Licht wird von den Spiegeln *a* und *b* nach den Spiegeln *c* und *d*, von diesen nach den Spiegeln *e* und *f* und dann schließlich auf das undurchsichtige Objekt *O* geworfen. *P* ist das Projektionsobjektiv. Die Spiegel lassen sich auch durch total reflektierende Prismen ersetzen. Eine Anordnung dieser Art ist jedoch an sich unpraktisch, weil zu viel Licht durch die häufigen Spiegelungen verloren geht.

Zur Erhöhung der Helligkeit baute man Apparate, bei denen zwei Laternen von zwei verschiedenen Seiten ihr Licht auf denselben undurchsichtigen Gegenstand senden [1]).

Am günstigsten gestaltet sich die Projektion undurchsichtiger Gegenstände bei den nach Lippmanns Verfahren gefertigten farbigen Aufnahmen, weil hier das Bild aus einer Reihe feinster Silberschichten [2]) besteht, welche die Lichtstrahlen wie ein Spiegel nach einer bestimmten Richtung hin kräftig reflektieren. Man würde daher ein annähernd ebenso helles Bild auf dem weißen Schirm erhalten, wie bei Projektion von Diapositiven, wenn nicht viel Licht dadurch verloren ginge, daß sich innerhalb des Bildes ein Teil der Strahlen durch Interferenz gegenseitig auslöscht.

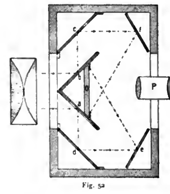


Fig. 52

Immerhin läßt sich bei Projektion Lippmannscher Bilder eine Helligkeit erzielen, welche auch für größere Säle ausreicht.

Die Anwendung des Apparates ist aus Fig. 53 (wagerechter Schnitt) ersichtlich: *o* ist das mit prismatischem Deckglase bedeckte, farbige Bild; dasselbe befindet sich auf einem mit Kugelgelenk *b* versehenen Halter. Die Lichtquelle *l* muß so nahe an die Kondensoren herangeschoben werden, daß der Lichtkreis das Bild vollständig bedeckt. Wäre der Lichtkreis kleiner als das Bild, so würden die Randzonen dunkel bleiben, wäre er größer, so würde ein Teil des Lichtes unbenutzt verloren gehen. *a* ist die mit abgekochtem Wasser gefüllte Absorptionsküvette; dieselbe ist unerläßlich notwendig, weil sonst durch die Hitze der das Bild mit dem Glaskeil verbindende Kanadabalsam schmelzen würde. Mit Hilfe

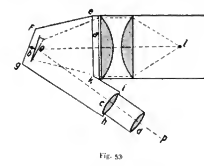


Fig. 53

des Kugelgelenkes *b* richtet man das Bild, welches auf dem Bildhalter mit Hilfe einer kleinen Klemme festgehalten wird, derart, daß die Strahlen nach dem Objektiv *c d* fallen. Will man kontrollieren, ob die Richtung der Strahlen richtig ist, so geschieht dies am besten dadurch, daß man das Objektiv von dem Anschraubering losschraubt und unmittelbar auf letzteren eine kleine

1) Laterna magica 1882, Nr. 16, S. 42; 1888, Nr. 37, S. 3. Stein, Die optische Projektionskunst, Halle a. S. 1887, S. 53.

2) Dr. R. Neuhauß, Die Farbenphotographie nach Lippmanns Verfahren, Halle a. S. 1898. Preis 3 Mk.

Mattscheibe legt; man muß dann ein ganz unscharfes, farbiges Bild auf der Mitte dieser Mattscheibe haben. Genannte Kontrolle kann auch in folgender Weise geschehen: nach Abschrauben des Objektives *c d* dreht man das Bild mit Hilfe des Kugelgelenks *b* so lange, bis auf dem weißen Schirm ein annähernd runder, je nach Art der Lichtquelle unregelmäßig gestalteter, weißer Lichtkreis erscheint. Dieser Lichtkreis entsteht durch den Reflex der Strahlen an der Vorderfläche des prismatischen Deckglases. Nunmehr hat man das Bild noch etwas weiter zu drehen, bis an Stelle des weißen ein unregelmäßig gestalteter, farbiger Lichtkreis erscheint. Schraubt man nun das Objektiv an, so hat man (nach scharfer Einstellung mit Hilfe von Zahn und Trieb) das farbige Bild auf dem weißen Schirm.

Wer im Projizieren dieser Bilder Neuling ist, verfahre unter allen Umständen in beschriebener Weise; wer sich dagegen bereits die nötige Übung aneignete, wird auch ohne Abschrauben des Objektives durch Drehen des Bildhalters leicht diejenige Stellung des Bildes ermitteln, bei der die Helligkeit auf dem weißen Schirm am besten ist.

Damit das Drehen glatt von statten geht, darf die Schraube des Kugelgelenks nicht zu stark angezogen sein; bei großer Lockerheit derselben besteht jedoch die Gefahr, daß der Bildhalter nicht in der einmal angenommenen Stellung verbleibt.

Als Objektive sind nur solche von großem Linsendurchmesser und langer Brennweite brauchbar; recht Gutes leisten Porträtobjektive: sogen. Drei- oder Vierzöller. Am zweckmäßigsten ist es hier, das hintere Linsenpaar *c* (Fig. 53) abzuschrauben und nur mit der Vorderlinse *d* zu projizieren, genau wie bei Projektion Woodscher Bilder (siehe S. 93).

Von Wichtigkeit ist, daß der Winkel *l o p* möglichst spitz ist. Je mehr sich derselbe einem rechten nähert, um so schwieriger wird es, das ganze Bild gleichzeitig scharf einzustellen, weil die eine Seite des Bildes dem Objektiv näher steht, als die andere. Hier liegen die Verhältnisse um so günstiger, je größer die Brennweite des Objektives ist. Je kürzer der Abstand des Objektives vom Bilde, um so schwieriger wird es, die ganze Breite des Bildes gleichmäßig scharf einzustellen.

Es ist zweckmäßig, den ganzen Vorbau *e f g h i k* aus starkem Metallblech derart herzustellen, daß sich derselbe am Bildwerfer leicht anbringen und ebenso leicht wieder entfernen läßt, damit man ohne erheblichen Aufenthalt von der Projektion durchsichtiger Glasbilder zu derjenigen Lippmannscher Farbenbilder übergehen kann. Der Vorbau muß innen sorgfältig geschwärzt und oben mit einer Klappe versehen sein, damit man unbehindert mit der Hand zum Bildhalter gelangen kann[1]).

Wegen der starken Lichtverluste projiziere man das Bild nicht größer als 1 qm und benutze als weißen Schirm ein möglichst gut reflektierendes Material.

1) Große Erfahrung im Anfertigen von Blechgehäusen dieser Art hat der Universitätsmechaniker Oehmke in Berlin, Dorotheenstraße 35.

Mit der Anordnung, wie sie in Fig. 53 dargestellt ist, lassen sich nur Lippmannsche Bilder projizieren, bei denen der Glaskeil in bestimmter Stellung aufgekittet ist, so nämlich, daß, wenn man das Bild in richtiger Lage betrachtet, sich der Rücken des Glaskeiles zur Linken des Beschauers befindet. Prof. Lippmann hat zuerst seine Aufnahmen in dieser Weise montiert und Verfasser verfuhr dann ebenso, damit Einheitlichkeit bei den Bildern verschiedenen Ursprunges gewahrt bleibt. Würde sich der Rücken des Glaskeiles zur Rechten des Beschauers befinden, so müßte der am Bildwerfer anzubringende Vorbau *efghik* (Fig. 53) so eingerichtet sein, daß sich das Objektiv *cd* an der anderen Seite dieses Vorbaues befindet.

Bei Landschaften kittet Prof. Lippmann den Glaskeil neuerdings so auf, daß sich der Rücken desselben am oberen Rande des Bildes befindet. Zum Zwecke der Projektion derartig montierter Bilder muß dann der Vorbau *efghik* so an den Projektionsapparat angesetzt werden, daß das Objektiv nicht seitwärts vom Kondensor, sondern über demselben steht.

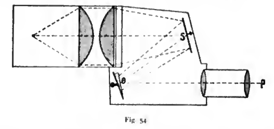


Fig. 54

Will man von der Projektion von Diapositiven zu derjenigen Lippmannscher Bilder übergehen, so muß, bei unveränderter Stellung der weißen Wand, der Apparat so weit gedreht werden, bis das Objektiv *cd* (Fig. 53) wieder nach dem weißen Schirm hin gerichtet ist. Bei frei auf einem Tisch stehenden Apparaten ist dies ohne weiteres ausführbar, feststehende Apparate müssen dagegen auf eine Drehscheibe gesetzt werden[1]). Um das Drehen des Apparates überflüssig zu machen, nahm Verfasser einen Spiegel zu Hilfe, welcher dort aufgestellt wird (*S*, Fig. 54), wo sich in Fig. 53 das Bild *o* befindet; letzteres findet dann seinen Platz neben dem Kondensor, und die Achse des Objektives bleibt parallel der Achse des Bildwerfers (Fig. 54: wagerechter Schnitt). Aus dieser Anordnung ergeben sich jedoch zahlreiche Übelstände: der Weg vom Kondensor bis zum Bilde wird erheblich verlängert und eine gleichmäßige Beleuchtung des Bildes erschwert. Man könnte diesen Übelstand dadurch herabmindern, daß man den Spiegel *S* näher an den Kondensor heranbringt; dann fallen jedoch die Strahlen zu schräg auf das Bild und der Winkel *Sop* wird zu groß. Will man wiederum diesen Winkel

1) Auf einer Drehscheibe ist z. B. der große, auch zu Lippmann-Projektionen benutzte Bildwerfer montiert, welcher sich im Hörsaale des Museums für Völkerkunde zu Berlin befindet.

dadurch verkleinern, daß man das Bild mit dem Kugelgelenkbildträger weniger seitlich vom Kondensor, also derart anbringt, daß der Rand des Bildträgers vor dem Kondensor zu stehen kommt, so gelangen Lichtstrahlen direkt vom Kondensor in das Objektiv und stören die Projektion. Außerdem gehen durch die Einschaltung des Spiegels mindestens 10 Prozent Licht verloren. In Anbetracht dieser Übelstände wenden wir bei Projektion von Lippmann-Bildern lediglich die in Fig. 53 dargestellte Anordnung an. Als Lichtquelle ist für Lippmann-Projektion nur elektrisches Bogenlicht oder Kalklicht brauchbar.

Zur Projektion anderer, undurchsichtiger Gegenstände kann man die in Fig. 53 und 54 dargestellten Apparate ebenfalls benutzen; da hier jedoch keine eigentliche Spiegelung des auffallenden Lichtes, sondern nur ein nach allen Seiten hin stattfindendes Zurückwerfen desselben eintritt, so ist die Größe des Winkels *l o p* (Fig. 53) von geringerer Bedeutung.

Die recht günstigen Ergebnisse, welche man bei Projektion undurchsichtiger Lippmann-Bilder erzielte, gaben einen neuen Anstoß zur Verbesserung der „Wunderkameras". Die außerordentliche Entwicklung der elektrischen Beleuchtung ermöglichte es, Lichtquellen von größter Intensität anzuwenden. Nicht zum letzten waren es die Fortschritte auf dem Gebiete der Optik, welche die in Frage stehenden Bestrebungen unterstützten; denn hier zum ersten Male spielt in der Projektion die „Lichtstärke" des Objektives (d. h. das Verhältnis der Öffnung zur Brennweite) eine ausschlaggebende Rolle, weil die Verhältnisse genau so liegen, wie bei der gewöhnlichen photographischen Aufnahme. Dank dieser Verhältnisse werden gegenwärtig von unseren ersten optischen Instituten Apparate zur Projektion undurchsichtiger Gegenstände hergestellt, bei denen die Helligkeit des Bildes auch für einen größeren Zuschauerkreis genügt.

Um undurchsichtige Gegenstände zu projizieren, die in wagerechter Lage verbleiben müssen (z. B. anatomische Präparate), baut man die Apparate nach dem in Fig. 55 dargestellten Schema: *L* ist die Lichtquelle, *S* das vordere Linsenpaar des Kondensors, *A* die Kühlkammer. Der zu projizierende Gegenstand liegt auf dem Tisch *T* und wird durch die von dem Spiegel *B* reflektierten Strahlen grell erleuchtet. *P* ist das Projektionsobjektiv. Die Strahlen, welche letzteres passiert haben, werden von dem oben angebrachten Spiegel nach dem weißen Schirm geleitet. Klappt man den Spiegel *B* herunter, so gelangen die Strahlen durch die Kondensorlinse *U* zum Diapositiv *D* und kann letzteres nun mit Hilfe des Objektives *E* in gewohnter Weise projiziert werden. Vorrichtungen dieser und ähnlicher Art werden von C. Zeiß (Jena), E. Leitz (Wetzlar), Seibert (Wetzlar), Schmidt & Haensch (Berlin), Ed. Liesegang (Düsseldorf), A. Krüß (Hamburg), C. Reichert (Wien) in den Handel gebracht.

Kommt es darauf an, durchsichtige (z. B. flüssige, in Glasschalen befindliche) Präparate zu projizieren, welche in wagerechter Lage verbleiben müssen,

so ist die in Fig. 56 dargestellte Anordnung zu wählen: Die vom Kondensor *E* kommenden Strahlen werden vom Spiegel *N* nach oben reflektiert und treten durch die Beleuchtungslinse *M*. Das zu projizierende Präparat

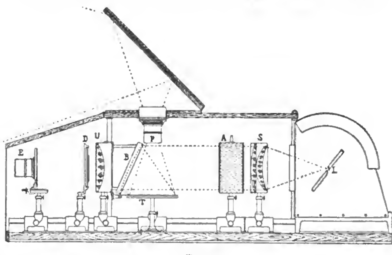


Fig. 55.

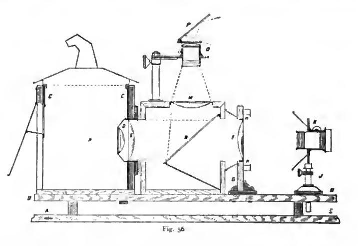


Fig. 56.

wird unmittelbar auf diese Linse gestellt. Die Strahlen gelangen dann durch das Projektionsobjektiv *O* vermittelst des Spiegels *P* auf den weißen Schirm.

Einer eigenartigen Vorrichtung bedient sich Schmidt & Haensch, um die von der Lichtquelle kommenden Strahlen auf das wagerecht liegende

Präparat zu leiten. An Stelle des Spiegels (B in Fig. 55; N in Fig. 56) bringt er hinter dem Kondensor C und dem Wasserkasten W (Fig. 57) ein System von 12 cm langen Prismen (P) an, welche die Strahlen nach unten zum Präparate T leiten. Allerdings wird durch diese Prismen das weiße Licht in seine farbigen Bestandteile zerlegt. Da sich aber die von den verschiedenen Prismen gelieferten Spektren gegenseitig überlagern, so ist das auf das Präparat T gelangende Licht wieder weiß. Die Prismen P, der Präparattisch T und der Spiegel S sind in einem Gehäuse angeordnet, welches sich ohne weiteres an jedem vorhandenen Bildwerfer anbringen läßt, so daß man also eine bereits vorhandene Projektionseinrichtung auch zur Projektion undurchsichtiger Gegenstände benutzen kann. Übrigens ist bei der Vorrichtung von Schmidt & Haensch Vorsorge getroffen, daß man, wie bei der in Fig. 56 dargestellten Anordnung, auch durchsichtige, in wagerechter Lage befindliche Präparate projizieren kann: Nach Entfernung des Tisches T (Fig. 57)

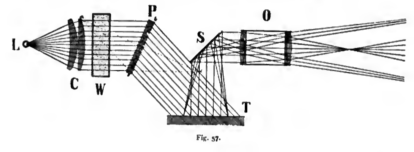


Fig. 57.

werden die Strahlen durch einen Spiegel wieder nach oben zu einer Sammellinse geleitet, auf welcher das Präparat liegt (entsprechend der Sammellinse M in Fig. 56).

Um die durch den Spiegel (B in Fig. 55; N in Fig. 56) oder die Prismen (P in Fig. 57) herbeigeführten Lichtverluste zu vermeiden, trifft Leitz bei seinem Universal-Bildwerfer die Anordnung derart, daß die elektrische Bogenlampe so geneigt werden kann, daß sie ihr Licht direkt auf das wagerecht liegende Präparat sendet (Fig. 58). Der oben angebrachte Spiegel leitet dann die vom Präparat kommenden Strahlen auf das Projektionsobjektiv.

Das vollkommenste Instrument zur Projektion undurchsichtiger Gegenstände ist das in Fig. 59 dargestellte Epidiaskop von Zeiß. Durch einen Scheinwerfer ist hier die Möglichkeit gegeben, auch Präparate bis zu 22 cm Durchmesser gleichmäßig zu beleuchten. Scheinwerfer wirken in diesem Falle günstiger, als Kondensoren, weil man ihre Öffnung erheblich größer wählen kann. Das von kräftigster Bogenlampe (30 bis 50 Ampère) erzeugte Licht tritt parallel aus dem Scheinwerfer aus und passiert das Kühlgefäß; dann werden die Strahlen von dem Spiegel I auf das Objekt geworfen und mittels des Objektives und des Bildumkehrspiegels auf den weißen Schirm befördert. Unter dem Objekttisch ist eine plankonvexe Linse sichtbar; dieselbe tritt

dann in Wirksamkeit, wenn es sich um Projektion eines durchsichtigen Objektes, z. B. eines Diapositives oder eines in Glasschale liegenden Gegenstandes, handelt. In diesem Falle wird der Spiegel *I* hochgeklappt. Die Strahlen gelangen dann zu dem an der schrägen Wand (links oben)

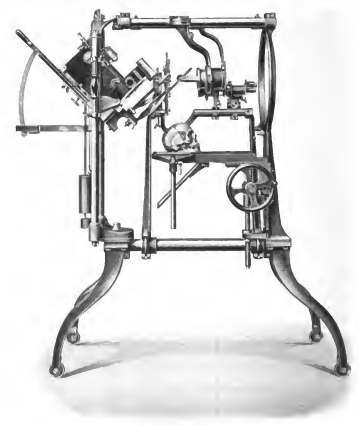


Fig. 58.

angebrachten Spiegel, welcher dem Spiegel *I* ungefähr parallel steht, dann auf den am Boden des Epidiaskopes sichtbaren Spiegel und von letzterem schließlich zu dem über der plankonvexen Linse angebrachten Objekttisch.

Neuerdings brachte Zeiß an seinem Epidiaskop auch noch eine Vorrichtung an, um senkrecht stehende Objekte mit auffallendem Lichte projizieren zu können.

Bei Projektion mit auffallendem Lichte soll das Öffnungsverhältnis des Objektives nicht kleiner sein, als 1 : 4 bis 1 : 5. Auch dann sind nur

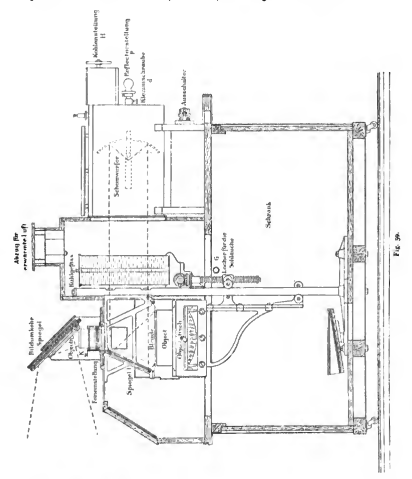


Fig. 59.

schwache Vergrößerungen, welche nicht wesentlich über 10 linear hinausgehen, zulässig. Man wird also mit Bildwerfern dieser Art immer nur vor einem verhältnismäßig kleinen Zuschauerkreise arbeiten können.

Panoramaprojektion.

Die Panoramaprojektion ist von Oberst Moessard (Paris) im Jahre 1884 eingeführt. Moessard projizierte vier Diapositive mit vier Apparaten nebeneinander auf eine halbkreisförmige, weiße Wand. Der Amerikaner Chase vervollkommnete das Verfahren, indem er mit einer Batterie von acht bis zehn Apparaten, die in einem wie ein Kronenleuchter von der Decke hängenden Behälter oder auf einem erhöhten Standpunkt in der Mitte des Saales angebracht wurden, ein volles Rundgemälde entwarf [1]). Damit sich die Projektionsbilder an der Wand genau aneinander schließen, ist sorgfältige Regulierung der einzelnen Apparate erforderlich. Am besten bewährt sich folgende Methode: Jedes Laternenbild weist an seinen Rändern in Breite von 2 bis 3 mm ein mit dem benachbarten Bilde gemeinsames Stück der Landschaft auf. Die Apparate werden so gerichtet, daß auf dem Schirm die ihnen gemeinschaftlichen Bildteile sich decken. Damit nun diese Teile, welche aus zwei Laternen ihr Licht empfangen, nicht heller sind, als die übrigen Abschnitte des Gemäldes, wird in den Laternen durch bewegliche Schirme das Licht der Randzone abgeschwächt. Die Ergebnisse lassen naturgemäß stets zu wünschen übrig.

Die Möglichkeit, auf Films vollständige Rundgemälde aufzunehmen, machte den Wunsch rege, Bilder dieser Art als Panoramen auf zylindrischer, weißer Wand zu projizieren. Doch gab es außerordentliche Schwierigkeiten zu überwinden, denn durch Benutzung mehrerer, im Kreise angeordneter, feststehender Objektive läßt sich ein befriedigender, gegenseitiger Anschluß der von den verschiedenen Objektiven gelieferten Einzelbilder nicht erreichen. Hier kommt uns nun ein Umstand zu Hilfe, der die Aufnahme von Panoramen mit einem einzigen Objektiv überhaupt erst ermöglicht: Dreht man nämlich während der Aufnahme das Objektiv um eine Achse, welche, mitten durch das Objektiv gehend, auf der optischen Achse desselben senkrecht steht, so erhält man auf einem halbkreisförmig aufgestellten Film ein scharfes Bild. Ebenso wird das Bild scharf, wenn man den Film auf einer kreisrunden Trommel aufspannt und nun das im Abstande der Brennweite sich befindende Objektiv während der Aufnahme im Kreise um die Trommel herumführt. Diese Verhältnisse machten sich die Gebrüder Lumière (Lyon) bei Konstruktion ihres Panorama-Bildwerfers zunutze [2]).

Es erwies sich als praktisch, bei der Projektion nicht ein Objektiv, sondern deren zwölf um den zylindrisch aufgestellten und von der Mitte aus beleuchteten Diapositivfilm kreisen zu lassen. Ein einzelnes Objektiv müßte mindestens 30 Umdrehungen in der Sekunde machen, während bei Verwendung von zwölf Objektiven schon drei Umdrehungen in der Sekunde genügen, um jegliches Flimmern zu vermeiden.

1) Laterna magica Nr. 50 u. 60.

2) Eine genaue Beschreibung des Apparates nebst zahlreichen Abbildungen findet sich in Eders Jahrbuch für 1902, S. 237. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. S.

Erhebliche Schwierigkeiten bereitet die Beleuchtung des Films. Aus verschiedenen Gründen bleibt es unmöglich, die elektrische Lampe mitten in dem zylinderförmig aufgestellten Film anzubringen. Man benutzt daher einen höher angebrachten Scheinwerfer und leitet das Licht durch zwölf, im Winkel von 45 Grad geneigte Spiegel auf zwölf Kondensoren, von denen jeder zu einem der zwölf Objektive gehört.

Daß sich mit dieser allerdings recht verwickelten Vorrichtung wirklich Vorzügliches leisten läßt, bewiesen die öffentlichen Vorstellungen, welche im Jahre 1902 mit diesem Apparat in Paris (Rue de Clichy) stattfanden.

Man kann Panorama-Aufnahmen auch derart projizieren, daß man die Films auf lange Diapositivplatten kopiert und letztere durch Zahn und Trieb langsam vor dem Kondensor vorüberführt. Die Sache bleibt aber ziemlich dürftig, und es gehört reichliche Phantasie dazu, um sich z. B. vorzustellen, daß man sich auf einem fahrenden Schiffe befindet, während die mit dem Panorama-Apparat aufgenommene Küste vor dem Auge vorüberzieht. Die Triebbewegung muß genau gearbeitet sein, damit das Diapositiv nicht ruckweise vor dem Kondensor vorbeigleitet.

Stereoskopische Projektion.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß jedes gute, gegensatzreiche, mit hellem Lichte projizierte Bild auf dem weißen Schirm in gewissem Grade körperlich wirkt, besonders wenn Linien aus dem Vordergrunde in die Ferne verlaufen und sich im Vordergrunde kräftig beleuchtete Gegenstände befinden. Ungewöhnlich schön läßt sich diese Wirkung mitunter an Strauchwerk und Felsen beobachten. Flaue Bilder machen niemals körperlichen Eindruck.

Über den Vorschlag von Zoth zur Erhöhung der körperlichen Wirkung des projizierten Bildes (konkaver Projektionsschirm) sprachen wir auf Seite 84.

A. Claudet projizierte im Jahre 1858 die beiden Hälften einer stereoskopischen Aufnahme mit zwei Bildwerfern in etwas verschiedener Richtung auf dieselbe Fläche von Mattglas[1]). Bei dem geringen Zerstreuungsvermögen feiner Mattscheiben genügt schon der Richtungsunterschied der beiden Strahlenkegel, um für jedes Auge eins der Bilder nahezu auszulöschen, wenn man sich an der richtigen Stelle des Zimmers befindet. So konnte Claudet einer kleinen Zahl von Personen gleichzeitig das körperliche Bild zeigen.

Projiziert man die beiden Teilbilder übereinander auf eine gut reflektierende weiße Wand, so können dieselben niemals ohne weiteres den Eindruck der Körperlichkeit machen, denn hierzu ist erste Vorbedingung, daß in das rechte Auge nur das mit dem rechten Objektiv und in das linke Auge nur das mit dem linken Objektiv aufgenommene Bild gelangt.

1) Laterna magica 1882, Nr. 13. Photogr. Rundschau 1894, Heft 7, S. 199.

Beachtung verdient der Vorschlag von d'Almeida und Woodbury[1]), welcher darin besteht, daß vor beiden Objektiven, welche die stereoskopischen Bildhälften entwerfen, eine mit passenden Ausschnitten versehene, sich schnell drehende Scheibe angebracht wird, welche das eine Objektiv verschließt, während sie das andere öffnet. Vor den Augen des Beobachters muß eine kleine, mit entsprechenden Ausschnitten versehene Scheibe mit derselben Geschwindigkeit derart kreisen, daß, sobald das rechte Auge frei wird, auf dem weißen Schirm das mit dem rechten Objektiv aufgenommene Bild sichtbar ist — und umgekehrt. Durch Andauer des Gesichtseindruckes vereinigen sich die beiden Aufnahmen im Auge des Beschauers zu einem körperlichen Bilde. Wenn sich dies Verfahren auch kaum bei einem größeren Zuschauerkreise anwenden läßt, so hat es doch den Vorzug, sinnreich erdacht zu sein. Eine entsprechende Anordnung beschreibt A. Stroh in Laterna magica 1886, Nr. 31, S. 34, und T. C. Porter in „The Lantern Record" (1897). Porters Anordnung wird von A. Steinhauser[2]) (welchem es wohl unbekannt blieb, daß Porter sich lediglich an eine ältere Erfindung anlehnt) einer genauen Besprechung unterzogen.

Nach Art des Dreifarbenprozesses will Porter farbige stereoskopische Bilder derart projizieren, daß er drei Laternen benutzt, deren jede mit zwei Objektiven ausgestattet ist. Jedes einzelne stereoskopische Teilbild setzt sich aus drei übereinander gelagerten Bildern (rot — grün — blau) zusammen. Die Projektion und Beobachtung geschieht ebenfalls intermittierend mit Hilfe durchlöcherter, sich drehender Scheiben. Porter dehnte theoretisch das Prinzip der kreisenden Scheibe auch auf stereoskopische Projektion von Reihenaufnahmen aus.

Um mit Sicherheit in ununterbrochener Folge das Verschließen und Öffnen der Objektive und das gleichzeitige Bedecken und Freimachen des entsprechenden Auges herbeizuführen, konstruierte E. Doyen (Paris) einen elektrischen Augenschalter, welcher an Stelle der mit Ausschnitten versehenen kreisenden Scheibe angewendet wird. Doyen nahm auf diese Vorrichtung ein Patent (D. R.-P. Nr. 115668). Das rechte und linke Sehloch des Augenschalters wird abwechselnd (und zwar gleichzeitig mit dem Verschließen des entsprechenden Projektionsobjektives) unter Zuhilfenahme kleiner Elektromagnete durch eine Klappe verschlossen. In Bezug auf die genaue Beschreibung der Vorrichtung müssen wir auf die Patentschrift verweisen. Das von jedem einzelnen Zuschauer zu benutzende, brillenartige Instrument ist durch Leitungsdrähte mit der Batterie und dem an den Objektiven angebrachten Verschluß verbunden. Man stelle sich das Gewirr von Drähten vor, wenn die Projektion bei Anwesenheit von etwa 100 Personen erfolgt! Durch Schmidt & Dupuis (Photo-Gazette, 25. Dezember 1903, S. 27) ist diese Vorrichtung in unwesentlichen Punkten abgeändert.

1) Laterna magica 1884, Nr. 22, S. 20. Photogr. Rundschau 1894, Heft 7, S. 200.

2) Eders Jahrbuch für 1898, S. 265.

Projiziert man die beiden Teilbilder nebeneinander auf die weiße Wand und betrachtet dieselben mit Hilfe des Stereoskopes, so müssen sie in genau derselben Weise einen körperlichen Eindruck machen, als ob man ein stereoskopisches Papierbild vor sich hat; nur sind hierfür die gewöhnlichen Stereo-

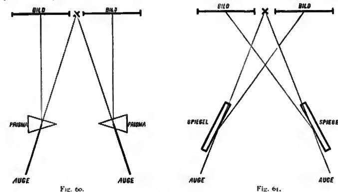


Fig. 60. Fig. 61.

skope nicht zu brauchen. Wie Stereoskope beschaffen sein müssen, um das Betrachten projizierter Bilder zu ermöglichen, hat A. Steinhauser (a. a. O.) erörtert.

Bekanntlich kann man es durch einige Übung erlernen, ein stereoskopisches Bild auch ohne Stereoskop körperlich zu sehen. Wer sich diese Fertigkeit aneignete, wird zwei auf den weißen Schirm nebeneinander projizierte Bildhälften ohne besonderes Instrument körperlich sehen. Andernfalls läßt sich dies (außer durch das Steinhausersche Stereoskop) durch Brillen erreichen, wie sie von Miethe[1]) angegeben sind: Fig. 60 zeigt eine mit zwei achromatischen Prismen ausgestattete Brille. Die beiden Prismen brechen in der Weise das Licht, daß der Beschauer beim Durchsehen an Stelle des doppelten Bildes ein einfaches erblickt, wobei die stereoskopische Wirkung ohne weiteres eintritt, da jedes Auge das richtige Bild erhält. Die Prismen sind drehbar eingerichtet, damit man von jedem Platze des Saales aus die nötige Konvergenz der Lichtstrahlen herbeiführen und die Bilder ohne Anstrengung der Augen zur Deckung bringen kann. Eine noch einfachere Form der Mietheschen Brille ist in Fig. 61 dargestellt. Diese Brille besteht aus zwei Spiegeln, welche um eine senkrechte Achse drehbar sind. Bei bestimmter

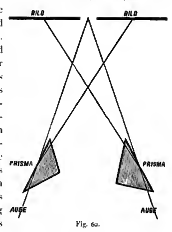


Fig. 62.

1) Photogr. Chronik 1895, Nr. 11, S. 81. Eders Jahrbuch für 1896, S. 411.

Stellung der Spiegel erblickt man, wenn man die Brille vor die Augen nimmt, ein Bild, welches richtig stereoskopisch ist unter der Voraussetzung, daß in den rechten Bildwerfer die linke Hälfte des Stereoskopbildes und in den linken die rechte Hälfte derart eingeschoben wird, daß auf dem Schirm ein seitenverkehrtes Bild entsteht. Fig. 62 zeigt schließlich eine Brille, bei welcher die beiden Spiegel durch total reflektierende Prismen ersetzt sind. Diese Form dürfte die praktischste sein, da auf diesem Wege die wenigsten Lichtverluste stattfinden, durch eine einfache Einrichtung jede beliebige Drehung der beiden Prismen ausgeführt werden kann und von jedem Platze des Raumes aus sich die beiden Bilder zu vollkommener Deckung bringen lassen.

Eine von Knight[1]) angegebene Vorrichtung besteht aus einem Brettchen von 30 cm Länge und 10 cm Breite. Im rechten Winkel dazu ist auf einer Kante des Brettchens ein Kartonstreifen von 7 cm Höhe aufgeklebt, in welchem im Augenabstande zwei runde Löcher zum Durchsehen angebracht sind. Vor einem dieser Löcher befindet sich ein kleiner Spiegel und 15 cm seitwärts von letzterem ein zweiter Spiegel, dessen Fläche derjenigen des ersten parallel ist. Diese beiden Spiegel haben den Zweck, zu verhüten, daß bei Verschiebungen der Brille vor dem Auge die zu einem Bilde verschmolzenen beiden Bilder wieder auseinander gehen. Damit in das linke Auge nicht Strahlen von dem rechten Bilde — und umgekehrt — gelangen, ist auf dem Brettchen zwischen den beiden für die Augen bestimmten Löcher eine 40 cm lange Scheidewand aus schwarzem Karton angebracht. Der Beschauer nimmt das Instrument vor die Augen und blickt durch das linke Loch mit dem linken Auge nach dem rechten Bilde, wobei die Strahlen den Weg über die beiden kleinen Spiegel zurückzulegen haben.

Ein zur Betrachtung nebeneinander projizierter stereoskopischer Aufnahmen bestimmtes, mit drehbaren Prismen versehenes Opernglas (Stereojumelle) beschrieb Moessard im „Bulletin de la Société française 1895“ (S. 553). Das Instrument wird von Steinhauser[2]) ungünstig beurteilt.

Hans Schmidt[3]) will die Brille (so wie dies Moessard schon sechs Jahre vor ihm getan hatte) durch eine „Art Opernglas“ ersetzen. Leider verrät er uns nicht, welcher Art dies Opernglas sein soll, denn die von ihm in Aussicht gestellte genaue Durchrechnung der Prismen und Angaben über die Zusammenstellung des Instrumentes sind niemals erschienen. Übrigens ist die „Art Opernglas“ schon deshalb nichts Neues, weil auch das Steinhausersche Stereoskop (siehe S. 107) eine Art Opernglas darstellt.

Brillen, Stereoskope und einem Opernglas ähnelnde Vorrichtungen, welche sich von den soeben beschriebenen nur wenig unterscheiden, geben ferner an: Bellieni (Photo-Gazette, 15. Dezember 1903, unter dem Namen Apédioscop); Demaria (Photo-Gazette 1904, Nr. 6, unter dem Namen Stéréo-

1) Laterna magica 1899, Nr 58, S. 53.
2) Eders Jahrbuch für 1898, S. 278.
3) Photogr. Mitteilungen 1901, Heft 17, S. 265.

Project); Papigny und Mattey (Photo-Gazette 1904, Nr. 6, unter dem Namen Stéréo-Télescop); Dr. W. Scheffer (Anleitung zur Stereoskopie 1904, S. 70) und C. Metz (Eders Jahrbuch für 1905, S. 112).

Das Verfahren von John Anderton in Birmingham beruht darauf, die beiden Teilbilder mit verschieden polarisiertem Lichte zu projizieren: in jedem der beiden Objektive befindet sich ein Nicolsches Prisma, deren Polarisationsebenen zueinander rechtwinkelig stehen. Man erhält also auf der Wand zwei verschieden polarisierte Bilder. Damit die Polarisation durch die weiße Wand nicht aufgehoben wird, muß dieselbe mit matter Silberfolie belegt sein. Jeder Zuschauer betrachtet das Bild durch eine Brille, welche zwei entsprechend gestellte Nicolsche Prismen enthält. Da jedes dieser Prismen nur gleichpolarisiertes Licht durchläßt, so gelangen in das rechte Auge nur Strahlen von dem rechten Bilde — und umgekehrt, während für das rechte Auge die vom linken Bilde ausgehenden und für das linke Auge die vom rechte Bilde ausgehenden Strahlen ausgelöscht werden.

Stereoskopische Projektionen dieser Art sind nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch ausführbar; das beweisen die Vorführungen, welche gelegentlich der photographischen Ausstellung in Sydenham bei London (Mai 1898) veranstaltet wurden[1]): In einem großen, verdunkelten Saale wurden mit der angegebenen Vorrichtung stereoskopische Bilder projiziert, und jeder der nach Hunderten zählenden Zuschauer erhielt eine mit Nicolschen Prismen ausgestattete Brille. Die stereoskopische Wirkung der zum Teil kolorierten Bilder war vorzüglich. Verfasser überzeugte sich davon, daß man von den verschiedensten Plätzen des Saales aus einen guten körperlichen Eindruck empfing. Die geltend gemachten Bedenken, daß besonders auf den seitlichen Plätzen die stereoskopische Vereinigung der Bilder schwer ist, sind also hinfällig. Selbstverständlich bedingt jede Projektion dieser Art Lichtverluste. Doch waren die Bilder in Sydenham bei Benutzung von elektrischem Bogenlicht sehr hell. Man darf nicht vergessen, daß zwei Laternen ihr Licht auf den besonders gut reflektierenden Silbervorhang senden. Wenn also bei jedem Teilbilde etwa 70 Prozent Lichtverluste vorhanden sind, so ist das Gesamtergebnis in Bezug auf Helligkeit doch günstig.

Ein weiterer Einwand gegen Projektionen dieser Art ist die durch die Nicolschen Prismen herbeigeführte Einengung des Bildfeldes. Als ob es sich bei Projektionen überhaupt jemals um große Bildwinkel handelt! Endlich führte man den hohen Preis der Nicolschen Prismen ins Feld. Die Firma Liesegang in Düsseldorf berechnet für das Paar Polarisatoren, die an den Objektiven der beiden Apparate angebracht werden, 180 Mk., für das Dutzend Brillen mit Polarisationsprismen 40 Mk. Unerschwinglich sind diese Preise also nicht.

An Stelle der Nicolschen Prismen empfiehlt Anderton[2]) mehrfache Lagen dünner Glasscheiben, die in bestimmter Winkelstellung das Licht

1) Photogr. Rundschau 1898, Heft 6, S. 188.
2) Brit. Journ. of Phot. 1898. Eders Jahrbuch für 1899, S. 437.

polarisieren. Ferner ist es nach Anderton zweckmäßig, die Silberoberfläche des Schirmes mit senkrechten Linien oder Streifen zu bedecken, weil dann der Winkel, unter dem die stereoskopischen Bilder hell und wirkungsvoll hervortreten, sich bedeutend vergrößert.

Um den Bildwinkel zu vergrößern und die Preise herabzusetzen, berechnete Stolze[1]) für die Brillen bestimmte, polarisierende Glasprismen. An Stelle der am Objektiv anzubringenden Polarisatoren schlägt er Benutzung schwarzer, polarisierender Spiegel vor. Natürlich sind die Lichtverluste hierbei ungewöhnlich groß.

Wir kommen nunmehr zu derjenigen Methode, wo mit Hilfe von Gläsern, die in den Komplementärfarben gefärbt sind, der körperliche Eindruck des Bildes hervorgebracht wird. Im Jahre 1853 beschrieb zuerst der deutsche Physiker Rollmann[2]) dies Verfahren der Stereoskopie, welches fünf Jahre später (1858) von J. C. d'Almeida in Paris auf die stereoskopische Projektion ausgedehnt wurde.

Von den Komplementärfarben kommen in Betracht: Rot und Grün; Gelb und Blau. Am besten verwendet man Rot und Grün, weil sie dem Auge etwa gleich hell erscheinen. Bei Gelb und Blau ist Gelb für das Auge hell, Blau dagegen dunkel; die beiden Teilbilder werden daher ungleich hell wahrgenommen.

Die Projektion geschieht nach diesem Verfahren derart, daß die beiden stereoskopische Teilbilder mit zwei Apparaten auf den weißen Schirm projiziert werden; an dem einen Objektiv befindet sich eine grüne, an dem anderen eine rote Scheibe. Der Beschauer setzt eine Brille auf, in der sich auf der einen Seite ein grünes, auf der anderen ein rotes Glas befindet. Durch das grüne Glas erblickt das Auge nur das mit dem grünen Objektiv projizierte Bild, denn das mit dem roten Objektiv projizierte wird durch grünes Glas ausgelöscht. Ebenso sieht das andere Auge durch das rote Glas nur das mit dem roten Objektiv projizierte Bild. Die Anordnung muß derart getroffen sein, daß in jedes Auge das richtige Teilbild gelangt; andernfalls würde man pseudoskopische Wirkung haben, d. h. die zunächst liegenden Gegenstände würden in die Ferne gerückt erscheinen.

Das rote und das grüne Teilbild vereinigen sich in den Augen des Beschauers zu einem Gesamtbilde mit weißen Lichtern und schwarzer Zeichnung. Diese Wirkung tritt jedoch nur ein, wenn die Farben genau komplementär sind, wenn die Lichtquelle sehr intensiv ist und der Beschauer für beide Farben gleiche Empfindlichkeit besitzt. Sind die Farben nicht genau komplementär, so bleiben von den Bildern, die eigentlich ausgelöscht sein sollten, störende Reste übrig. Ist die Lichtquelle nicht genügend hell, so kommt an Stelle des reinen Weiß nur schmutziges Grau zu stande. Hat endlich der Beschauer ungleiche Empfindlichkeit für die beiden Farben, so macht sich der Wettstreit der Sehfelder in störender Weise bemerkbar:

1) Atelier des Photographen 1895, Heft 10, S. 141.

2) Poggendorfs Annalen XC, S. 186. Photogr. Rundschau 1894, Heft 7, S. 199

d. h. es überwiegt das rote oder das grüne Gesichtsfeld, oder abwechselnd eins von beiden, so daß also der Eindruck von Weiß überhaupt nicht gewonnen wird. Ebenso kann bei ganz oder teilweise Farbenblinden befriedigende Bildwirkung nicht erzielt werden.

L. Verain hat das Verfahren durch Einschaltung von Prismen, welche bewirken sollen, daß die beiden Teilbilder auf dem weißen Schirm sich besser decken, noch umständlicher gemacht (Bulletin belge de Photographie 1907, S. 140).

Die Schatten und Halbschatten des Bildes kommen bei dieser Methode, welche Wordsworth in Donisthorpe und Claude Grivolas Fils in Chaton[1]) auch auf kinematographische Vorführungen ausdehnte, durch den dunkeln Silberniederschlag der beiden Teilbilder zu stande.

Da die Lichtverluste außerordentlich groß sind, so konnte sich dies Verfahren der stereoskopischen Projektion nicht einbürgern. Ein auf denselben Grundsätzen beruhendes, nur in der Ausführung abgeändertes Verfahren scheint jedoch Aussicht auf allgemeinere Verbreitung zu haben. Dasselbe beruht darauf, daß man die beiden Teilbilder farbig auf Gelatinefolien druckt und dieselben übereinander legt. Hierbei hat man den Vorteil, daß diese Bilder wie jedes andere Diapositiv in einem einzigen Apparat projiziert werden können. Das Verfahren ist von M. Petzold in Chemnitz ausgebildet. Petzold stellt die Diapositive nach dem Chromverfahren her, d. h. er kopiert unter einem Diapositiv auf Gelatineplatten, die durch doppeltchromsaures Ammoniak lichtempfindlich gemacht sind, 60 bis 90 Minuten[2]). Nach dem Belichten folgt stundenlanges Auswaschen in kaltem Wasser, bis nur noch schwache Gelbfärbung an den belichteten Stellen durch zurückgehaltenes Chromsalz erkennbar ist. Das Färben in nicht zu stark konzentrierten Farblösungen geschieht am besten nach dem Trocknen. Dabei nehmen die Bilder nur an den unbelichteten Stellen Farbstoff auf; es entsteht also nach dem Diapositiv wiederum ein Positiv. Die beiden Farbenkopieen (rot und grün), die möglichst hell gefärbt sein sollen, werden übereinander geklebt. Es ist keineswegs notwendig, übrigens auch völlig unmöglich, daß die beiden Teilbilder sich genau decken. Je besser die beiden Farben komplementär sind, sich also gegenseitig auslöschen, um so besser ist die Wirkung. Zu den Brillen nimmt man Gläser, die mit Gelatine überzogen und mit denselben

1) Auf das Verfahren von Claude Grivolas Fils ist in Deutschland sogar ein Patent erteilt (Nr. 149568): Die mit dem stereoskopischen Kinematographen erzeugten Halbbilder werden in abwechselnder Reihenfolge auf dasselbe Positivband kopiert. Vor dem Objektiv des gewöhnlichen Projektions-Kinematographen befindet sich eine um ihren Mittelpunkt drehbare Scheibe, in welche ein rotes und ein grünes Glas eingesetzt sind. Auf diese Weise wird das eine Halbbild in der einen, das zweite Halbbild in der anderen Komplementärfarbe projiziert, und der Beobachter sieht bei Benutzung entsprechend gefärbter Brillen nur das dem bestimmten Auge zugeordnete Bild. Bei sehr schnellem Wechsel der Bilder wird dann infolge von Andauer des Gesichtseindruckes die körperliche Wirkung erzielt.

2) Laterna magica 1897, Nr. 49, S. 1; 1900, Nr. 63, S. 33. Photogr. Rundschau 1897, Heft 3, S. 89; 1900, Heft 7, S. 145.

Farbstofflösungen gefärbt sind, welche zum Färben der Diapositive verwendet wurden.

Eingehende Vorschriften zur Herstellung dieser Bilder veröffentlichte dann auch Marguery in Rouen[1]).

Projiziert man ein Doppelbild dieser Art auf den weißen Schirm, so sind die Lichter weiß; die eigentliche Zeichnung des Bildes besteht aus einem Wirrwarr von Rot und Grün. Hierauf beruht der grundsätzliche Unterschied dieses Verfahrens gegenüber dem oben beschriebenen, wo bei Diapositiven mit schwarzer Zeichnung rote und grüne Gläser vor die Objektive gesetzt werden und daher weißes Licht auf dem Schirm überhaupt nicht vorhanden ist. Betrachtet man das nach dem Petzoldschen Verfahren projizierte Bild durch die rot-grüne Brille, so ist von dem roten Bilde durch das rote Glas nichts zu erkennen, weil die ganze Fläche (Licht und Schatten) gleichmäßig rot erscheint. Die Zeichnung des grünen Bildes erscheint bei Betrachtung durch das rote Glas schwarz. Entsprechendes findet bei Betrachtung durch das grüne Glas statt. Die roten und grünen Lichter vereinigen sich in den Augen des Beschauers zu Weiß, während die schwarz erscheinende Zeichnung der beiden Bilder den körperlichen Eindruck hervorruft. Vor allen Dingen sind die Lichtverluste bei weitem nicht so bedeutend, als wenn schwarze Bilder mit Hilfe farbiger Scheiben projiziert und durch farbige Brillengläser betrachtet werden.

Das Petzoldsche Verfahren ist nicht nur in der Theorie schön; es ist in der Praxis noch viel schöner. Verfasser veranstaltete mit Bildern dieser Art wiederholt stereoskopische Projektionen, bei denen die vorzügliche körperliche Wirkung der Bilder allgemeinen Beifall fand. Die nötige Anzahl farbiger Brillen läßt sich ohne nennenswerte Kosten beschaffen. In einem großen Zuschauerkreise befanden sich immer nur wenige, die infolge von Farbenblindheit oder Wettstreit der Sehfelder nicht zu einem befriedigenden stereoskopischen Eindruck gelangen konnten.

Bemerkenswert bleibt bei dieser Projektionsmethode, daß die Bilder zwar vorzügliche Tiefe haben, daß aber die einzelnen Gegenstände den Eindruck machen, als wären sie aus Papier geschnitten und hintereinander aufgestellt.

In Eders Jahrbuch für 1896 (S. 114) veröffentlicht G. H. Niewenglowski (Paris) folgende Notiz über stereoskopische Projektion: „Nach dem Prinzip des umgekehrten Rücklaufes der Strahlen ist es mir gelungen, mit Hilfe eines photographischen Bildes Projektionen in drei Dimensionen herzustellen. Bringt man das Glaspositiv an dieselbe Stelle, welche die matte Glasplatte während der Exposition inne hatte, und beleuchtet es in geeigneter Weise, so wirft das Objektiv das Bild wieder in dieselbe Entfernung, in welcher sich der Gegenstand im Raume befand, der Art, daß das Bild, indem es ziemlich weit entfernt ist, nicht leicht zu sehen ist; es ist übrigens sehr lichtschwach, wenn man nicht eine sehr starke Lichtquelle benutzt. Aber wenn man das Lichtbündel mittels eines Hohlspiegels auffängt, kann man, wenn man den Spiegel

1) Photogr. Chronik 1898, Nr. 12, S. 95.

kräftig genug auswählt, ein Luftbild erzeugen, das, so klein wie man es nur haben will, stets dabei[1]) Dimensionen aufweist, aber dem Gegenstande in der Richtung der optischen Achse nicht ähnlich ist. Wenn es gelingen sollte, diese Luftbilder einer großen Zahl von Personen sichtbar vorzuführen, so würde damit für das Problem der stereoskopischen Projektionen eine neue Lösung gefunden sein."

Hierzu ist zu bemerken, daß man bei jeder Projektion das Glaspositiv an die Stelle bringt, welche die matte Glasplatte (oder vielmehr die Trockenplatte, denn eine matte Glasplatte pflegt man nicht zu exponieren) während der Exposition einnimmt. Daß bei genauer Einhaltung der Verhältnisse, wie sie bei der Aufnahme vorlagen, bei der Projektion das Bild „ziemlich weit entfernt" sein soll, trifft nicht zu, sobald es sich um Aufnahmen nahe gelegener Gegenstände handelt. Fängt man ein derartiges Luftbild nicht auf dem weißen Schirm, sondern mit Hilfe eines „kräftigen" Hohlspiegels (was ist unter einem „kräftigen" Hohlspiegel eigentlich zu verstehen?) auf, so erhält man ein verkleinertes Luftbild, das nur in den Augen phantasievoller Beschauer drei Dimensionen, in den Augen aller übrigen Menschen jedoch nur zwei Dimensionen haben kann. Die dritte Dimension geht bei der Aufnahme vollständig verloren und kann durch den von der ebenen Fläche des Diapositives ausgehenden Rücklauf der Strahlen niemals wieder hervorgezaubert werden.

Bei Projektion stereoskopischer Reihenbilder will Raleigh[2]) dadurch körperliche Wirkung erzielen, daß er zwei nach derselben Reihenaufnahme kopierte Bänder durch zwei Apparate laufen und nach irgend einer der Methoden betrachten läßt, die bei stereoskopischer Projektion in Frage kommen. Die beiden Bänder werfen jedoch nicht dasselbe Bild auf den weißen Schirm; das eine Band ist vielmehr hinter dem anderen immer um zwei bis drei Aufnahmen zurück. Betrifft die Aufnahme einen Gegenstand, der sich von rechts nach links (oder umgekehrt) durch das Gesichtsfeld bewegt, so wird die um zwei Zeitabschnitte später gefertigte Aufnahme den sich bewegenden Gegenstand unter einem etwas anderen Gesichtswinkel abbilden, als die früher gefertigte, und in diesem Falle sind die Vorbedingungen zum Zustandekommen eines körperlichen Bildes gegeben. Verallgemeinern für die verschiedenen Arten der Bewegung läßt sich jedoch der Vorschlag von Raleigh nicht.

Einen besonderen Weg bei der stereoskopischen Projektion schlug Theodore Brown[3]) ein: er macht Aufnahmen mit einem kinematographischen Apparat von vielen nebeneinander gelegenen Punkten einer horizontalen, geraden Linie, welche die Länge der Augenentfernung (6 bis 7 cm) hat. Der Kinematograph befindet sich also während der Exposition in schneller,

1) Soll offenbar heißen: „drei".

2) The British Journal Photographic Almanac 1900, S. 859. Eders Jahrbuch für 1900, S. 423.

3) Photography XVIII, S. 77.

horizontal schwingender Bewegung. Dabei ist es gleichgültig, ob der aufgenommene Gegenstand ruht oder sich bewegt. Bei Projektion des nach dieser Methode gewonnenen Films soll der auf dem weißen Schirm dargestellte Gegenstand einen körperlichen Eindruck machen, und zwar ohne Zuhilfenahme einer der auf den vorhergehenden Seiten beschriebenen Brillen oder irgend einer Art Operuglas. Um zur Raumvorstellung zu gelangen, ahmt man hier also mit dem Aufnahme-Apparat die Bewegung des Kopfes nach, welche bekanntlich das Zustandekommen der Raumvorstellung begünstigt. Wir bezweifeln, daß sich auf dem angedeuteten Wege halbwegs befriedigende Ergebnisse erzielen lassen. Obgleich die Methode schon vor mehreren Jahren veröffentlicht ist, wurde noch von keiner Seite über praktische Erfolge derselben berichtet.

Der Drang, zu erfinden, und im Anschluß daran sein Geld aufs Patentamt zu tragen, ist in der Projektion genau so verbreitet, wie in den übrigen Zweigen der Photographie. Wir werden in Zukunft also noch von manch wunderbarer Methode der stereoskopischen Projektion zu hören bekommen, die in den Köpfen der Erfinder und den Spalten sensationsbedürftiger Zeitungen Überraschendes leistet und natürlich sämtliche, den älteren Methoden anhaftende Mängel mit einem Schlage beseitigt.

Bei jeder stereoskopischen Projektion erscheinen dem seitwärts stehenden Beobachter die Gegenstände im Verhältnis zu ihrer Höhe zu schmal. Von Einfluß ist auch der Abstand des Beschauers vom Schirm: Nahe sitzende Personen haben den Eindruck eines flachen Reliefes, entfernt sitzende dagegen denjenigen übertriebener Körperlichkeit. Breite und Tiefe des für derartige Vorführungen bestimmten Saales sind also Beschränkungen unterworfen.

Bewegt der Zuschauer, ohne das Bild aus den Augen zu lassen, den Kopf schnell zur Seite, so hat er den Eindruck, als ob der dargestellte Gegenstand eine Ortsveränderung im Raum vornimmt: die näheren Gegenstände scheinen sich in demselben Sinne wie der Beobachter zu bewegen, die entfernten dagegen im entgegengesetzten. Hierdurch wird die Lebendigkeit des projizierten Bildes erhöht.

Projektion von Reihenbildern.

Projektion von Reihenbildern ist zuerst von dem Amerikaner Muybridge ausgeführt. O. Anschütz (Lissa — Berlin) hat dann die Technik außerordentlich verbessert. Da es sich jedoch stets um kurze, mit 12 bis 24 gleichartigen Apparaten aufgenommene Reihen handelte, war es nicht möglich, einen länger als wenige Sekunden andauernden Bewegungsvorgang darzustellen. Durchgreifenden Wandel schaffte erst die Erfindung des Kinematographen. Man ist nunmehr im stande, auf beliebig langen Filmstreifen Bewegungsvorgänge von beliebiger Dauer festzuhalten. Groß ist die Zahl derjenigen Apparate, welche Projektion von Reihenaufnahmen ermöglichen. Alle Konstruktionen

laufen darauf hinaus, daß die Aufnahme für den kleinen Bruchteil einer Sekunde vor dem Kondensor (dort, wo sich bei gewöhnlicher Projektion das Diapositiv befindet) still steht und dann durch Weiterrücken des Bandes durch die nächstfolgende Aufnahme ersetzt wird. Während des Weiterrückens schließt sich das Objektiv selbsttätig, so daß der Beschauer von der Bewegung des Filmbandes nichts merkt. Dieser Vorgang wiederholt sich in der Sekunde 15 bis 20 mal. Infolge von Fortdauer des Gesichtseindruckes erscheinen dem Beschauer die Bilder in ununterbrochener Folge.

Ein guter Bildwerfer für Reihenaufnahmen läßt sich niemals für billigen Preis herstellen, denn er muß sorgfältig gearbeitet sein, wie ein erstklassiges Uhrwerk. Kommt es doch darauf an, daß zwanzigmal in der Sekunde das nächstfolgende Bild genau an die Stelle des vorhergehenden rückt. Bei geringfügigsten Abweichungen tritt unangenehmes Zittern des projizierten Bildes auf. Ferner darf die Bildschicht des sich vorwärts bewegenden Films nicht mit festen Teilen in Berührung kommen, weil sich sonst Kratzer und Löcher in der Gelatine bilden und infolgedessen Flimmern auf dem weißen Schirm auftritt.

Je mangelhafter die Konstruktion ist, mit um so größerem Nachdruck wird in den Anpreisungen behauptet, daß Flimmern und Zittern vollständig ausgeschlossen sei.

Zur Schonung der Bildstreifen ist es unerläßlich nötig, daß dieselben sich selbsttätig wieder aufwickeln, nachdem sie vor dem Objektiv vorübergegangen sind. Bei den billigen Apparaten wird hier gespart; man läßt den ablaufenden Film auf den Fußboden fallen oder fängt ihn in einem Sack auf, so daß die Bildschicht in kürzester Zeit gründlich zerkratzt ist.

Da die sehr kleinen Bilder weit stärkere Vergrößerung erfahren müssen, als dies bei gewöhnlicher Projektion der Fall ist, so können nur gut korrigierte und daher nicht ganz billige Objektive verwendet werden.

Das Normalformat bei erstklassigen Apparaten beträgt 19 × 25 mm (Gesamtbreite des Films 35 mm). Bei der billigen Ware wird das Format 10 × 15 mm benutzt.

Nach jeder Richtung hin vorzüglich gearbeitet sind die kinematographischen Bildwerfer von Messter, G. m. b. H., in Berlin (Friedrichstraße 16). Das beste Modell dieser Firma ist in Fig. 63 dargestellt. Die saubere Durcharbeitung läßt in allen Teilen nichts zu wünschen übrig; auch sind die Apparate mit Schutzvorrichtung gegen Entflammung der Films versehen. Die Films laufen hohl, um die Bildschicht zu schonen.

Häufig bringt man an den Apparaten neben der Einrichtung für kinematographische Projektion eine solche zur Projektion gewöhnlicher Glasdiapositive an, um z. B. bei öffentlichen Vorführungen durch Projektion mit dem Glasbilde den Gegenstand der nachfolgenden kinematographischen Vorführung anzukündigen.

Neben Messter befassen sich mit dem Bau von kinematographischen Bildwerfern unter anderen Ed. Liesegang in Düsseldorf, Kretzschmar, Heinrich Ernemann und Unger & Hoffmann, sämtlich in Dresden.

Um die Ausgaben für den zur Aufnahme und zur Projektion bestimmten Kinematographen einzuschränken, traf man Vorkehrungen, welche gestatten, den zur Aufnahme benutzten Apparat auch für die Projektion anzuwenden. Vorrichtungen dieser Art genügen nur bescheidenen Anforderungen.

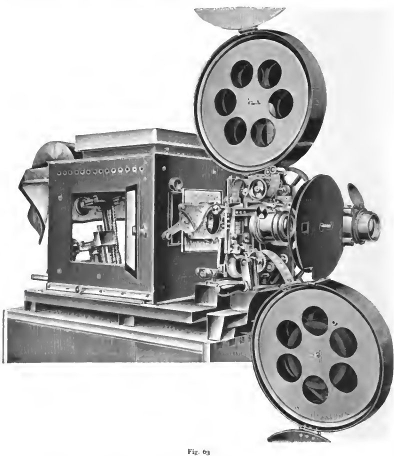


Fig. 63

Wegen der notwendigen starken Vergrößerung kommen als Lichtquellen nur Kalklicht und elektrisches Bogenlicht in Frage. Um die gegebene Lichtmenge möglichst vorteilhaft auszunutzen, wird man das Filmband so anbringen, daß der vom Kondensor kommende Lichtkegel das kleine Bild eben bedeckt (Fig. 46, S. 77).

Bei dem erheblichen Interesse, welches kinematographische Vorführungen in allen Schichten der Bevölkerung erwecken und der großen Nachfrage nach Filmbändern errichtete man vollständige Ateliers für kinematographische Aufnahmen, wo bei künstlichem Licht alle möglichen Szenen aus der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft aufgenommen werden. Außer den genannten Firmen ist eine Hauptlieferantin auf diesem Gebiet die „Internationale Kinematographen- und Lichteffekt-Gesellschaft in Berlin“.

Erheiternde Wirkungen lassen sich erzielen, wenn man ganze Reihen oder einige Abschnitte davon in umgekehrter Folge vorführt, ebenso, wenn man Bilder aus zwei verschiedenen Filmstreifen zusammenklebt. In dieser Weise lassen sich Vorgänge, die sich örtlich und zeitlich getrennt abspielten, in einer Bilderreihe vereinigen. Insbesondere kann man nach dieser Methode die seltsamsten Verwandlungsszenen zur Darstellung bringen.

Über Projektion von Reihenaufnahmen mit stereoskopischer Wirkung sprachen wir im vorhergehenden Abschnitt.

Um kinematographische Projektionen nach dem Dreifarbenverfahren zu ermöglichen, will Isensee folgendermaßen verfahren: Exzentrisch vor dem Objektiv des Aufnahme-Apparates befindet sich eine Scheibe mit drei Sektoren, welche aus rotem, grünem und dunkelblauem Glase bestehen. Die Bewegung dieser Scheibe ist so reguliert, daß sich während der Dauer einer Aufnahme jedesmal ein farbiger Ausschnitt vor dem Objektiv vorbeibewegt, so daß sich auf dem Filmstreifen in regelmäßiger Wiederholung Aufnahmen befinden, welche mit roten, grünen und blauen Strahlen erzeugt sind. Von diesen Negativen werden Positive genommen und mit Hilfe des Kinematographen projiziert. Hierbei bewegen sich, in entsprechender Weise, wie bei der Aufnahme, die roten, grünen und blauen Sektoren vor dem Objektiv vorüber, so daß auf dem weißen Schirm in schneller Folge rote, grüne und blaue Bilder entstehen. Durch Andauer des Gesichtseindruckes soll der Beschauer den Eindruck eines bewegten Bildes in natürlichen Farben haben. Isensee erhielt auf dies Verfahren im Jahre 1898 ein Patent (D. R.-P. Nr. 98799). Leider hat er nicht berücksichtigt, daß bei dem beschriebenen Verfahren niemals ein annähernd naturfarbiger Eindruck zu erreichen ist, denn die in den drei Grundfarben hergestellten drei Einzelaufnahmen liegen zeitlich getrennt, sind also nicht zur Deckung zu bringen. Beispielsweise hat das Bein eines trabenden Pferdes bei der Blauaufnahme eine andere Stellung, als bei der Rotaufnahme. Farbensäume schlimmster Sorte und unerträgliches Flimmern sind die unausbleibliche Folge hiervon.

Eine entsprechende Einrichtung verwendeten bei ihren Versuchen Prof. A. Miethe und Max Hansen[1]). Dem Expositionszeitverhältnis zwischen Rot, Grün und Blau wurde durch Veränderung der Sektoren Rechnung getragen. Miethe gibt an, daß er mit Hilfe der verbesserten Sensibilisatoren (Äthylrot) 50 Teilbilder und mehr in der Sekunde bei guter Ausexposition erzielt habe. Doch bestätigt er, daß sich die drei Teilbilder schlecht zu einem farbigen

1) Photogr. Chronik 1904, Nr. 88.

Gesamtbilde vereinigen. Würde man mit Hilfe eines dreifachen Kinematographen auf einem dreifach breiten Film die Teilbilder gleichzeitig aufnehmen, so würden sich große technische Schwierigkeiten bei dem Passen der Bilder ergeben.

Projektion wissenschaftlicher Versuche.

Die bei Vorlesungen über Physik und Chemie vielfach gebräuchliche Projektion wissenschaftlicher Versuche vollzieht sich genau so, wie diejenige von Glasbildern. Vorbedingung ist, daß es sich um Versuche handelt, bei denen das Versuchsobjekt durchsichtig ist und möglichst geringe Dicke hat. Besonders geeignet für Vorführungen dieser Art sind daher chemische und physikalische Vorgänge, die sich in schmalen, planparallelen Küvetten, in Probiergläschen, Kapillarröhren und dergl. abspielen. Nach Fortnahme der Bildbühne und des Verbindungsstückes zwischen Kondensor und Objektiv wird die zu projizierende Vorrichtung auf passender Unterlage vor den Kondensor an die Stelle des Bildschiebers gebracht. Damit sich sowohl das Objektiv, wie die zu projizierenden Gegenstände in jeder Richtung verschieben lassen, muß der Apparat eine optische Bank besitzen. Die einfachste optische Bank ist ein glattes Brett; bei den kostspieligeren Apparaten besteht sie aus runden oder prismatischen Metallstäben. Vielfach werden als „Universitätsapparate für wissenschaftliche Projektion" Ungetüme angepriesen, die, meist aus England stammend, außerordentlich teuer und lediglich darauf berechnet sind, unerfahrenen Zuschauern den Eindruck ungeheuerer Vollkommenheit zu machen, während sie in Wirklichkeit kaum zu brauchen sind. Bewährte Einrichtungen für wissenschaftliche Projektion jeder Art liefern unter anderen C. Zeiß (Jena), E. Leitz (Wetzlar), R. Fueß (Steglitz bei Berlin), Schmidt & Haensch (Berlin), Ed. Liesegang (Düsseldorf), A. Krüß (Hamburg), C. Reichert (Wien).

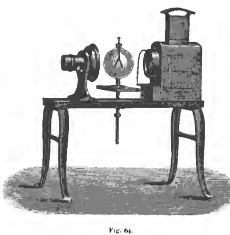

Fig. 64.

Fig. 64 veranschaulicht die Anordnung bei Projektion des Elektroskopes, Fig. 65 diejenige bei Projektion der spektralen Zerlegung des Lichtes in die

Grundfarben: Man bringt den Spalt an Stelle des Diapositives unmittelbar vor dem Kondensor an und entwirft auf der weißen Wand mit Hilfe des Projektionsobjektives ein scharfes Bild desselben. Hierauf wird das Prisma möglichst nahe dem Objektiv aufgestellt. Wegen der Ablenkung der Strahlen muß man nun, wofern nicht ein Geradsichtprisma verwendet wird, den ganzen Apparat so drehen, daß das Spektrum auf den weißen Schirm fällt. Um das Drehen zu vermeiden, kann man auch neben dem Prisma einen Planspiegel aufstellen, welcher das Spektrum auf den Schirm wirft. Die scharfe Einstellung bewirkt man durch Verschieben des Spaltes in der Richtung der optischen Achse. Die Bildschärfe beurteilt man nach dem oberen oder unteren Rande des Spektrums.

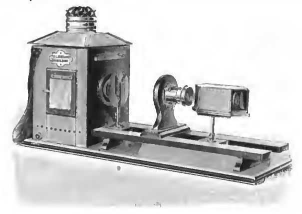


Fig. 65.

Eine besondere Vorrichtung zur Projektion von Komplementärfarben bringt die Firma Carl Zeiß (Jena) in den Handel.

Will man Versuche projizieren, bei denen das Objekt in wagerechter Lage verharren muß, z. B. Chladnische Klangfiguren auf durchsichtigen Platten, magnetische Kraftlinien, Kristallisationsvorgänge in flachen Glasschalen u. s. w., so bedarf man einer Einrichtung, wie sie in Fig. 56 auf Seite 100) dargestellt ist: Die von der Vorderlinse des Kondensors kommenden Strahlen werden mittels eines im Winkel von 45 Grad geneigten Spiegels *N* durch die kreisrunde Öffnung der oberen Kastenwand — in welche die Hinterlinse *M* des Kondensors eingesetzt ist — nach oben geleitet. Das zu projizierende Objekt wird unmittelbar auf diese wagerecht liegende Kondensorhinterlinse *M* gebracht. Durch den oben am Objektiv befindlichen Spiegel werden die Strahlen auf den weißen Schirm befördert.

Handelt es sich um die Projektion undurchsichtiger Gegenstände, z. B. um die Ablenkung einer Magnetnadel, so wird man Vorrichtungen benutzen, wie sie durch die Fig. 53, 55, 57, 58 u. 59 veranschaulicht sind.

Will man Polarisationserscheinungen projizieren, so ist ein besonderer Ansatz notwendig, der vor dem Kondensor angebracht wird. Derselbe enthält, um das teuere, große Nicolsche Prisma zu ersparen, eine Lage dünner Glasplättchen (*G* in Fig. 66). Die im polarisierten Lichte zu demonstrierenden Objekte werden bei *O* eingeschoben. *F* ist das Objektiv, *P* das analysierende Nicolsche Prisma. Um die bei dieser Anordnung eintretende Richtungsänderung der Strahlen aufzuheben, schaltet man neuerdings zwischen den dünnen Glasplättchen *G* und dem Objektiv *F* einen versilberten Spiegel ein, welcher die Strahlen in ihrer ursprünglichen Richtung nach dem weißen Schirm hin leitet [1]).

Bei Projektion physikalischer Erscheinungen bedarf man häufig annähernd paralleler Strahlenbündel, und zwar kommt es in vielen Fällen weniger auf großen Durchmesser, als auf möglichst große Helligkeit dieses Strahlenbündels an. Bei Projektion von Spektral- und Polarisationserscheinungen, ferner bei Darstellung von Interferenzen und Beugungen des Lichtes ist ein paralleles Strahlenbündel von 4 bis 5 cm Durchmesser im allgemeinen ausreichend. Für diese Zwecke konstruierte Krüß (Hamburg) [2]) ein kurzbrennweitiges Beleuchtungssystem, welches Strahlenbündel von geringem Durchmesser, aber bedeutender Intensität liefert. Dasselbe wird in größter Nähe der Lichtquelle aufgestellt. Um Springen des Glases zu verhüten, ist zwischen Linse und Lichtquelle eine Kühlkammer angebracht, durch welche Wasser hindurchströmt.

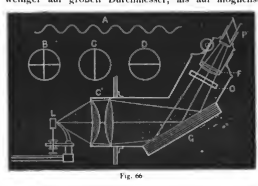


Fig. 66

Auf genaue Beschreibung der verschiedenen zu projizierenden Versuche müssen wir verzichten. Der Chemiker und Physiker wird auch ohne eine solche Beschreibung wissen, was er zu projizieren hat [3]).

1) Eders Jahrbuch für 1902, S. 431.
2) Eders Jahrbuch für 1906, S. 154.
3) Beschreibungen derartiger Projektionsversuche finden sich in:
Dr. S. Th. Stein, Die optische Projektionskunst. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. S. 1887.
Stöhrer, Die Projektion physikalischer Experimente. (Vergriffen.)
Laterna magica. Vierteljahrsschrift für alle Zweige der Projektionskunst. Verlag von Ed. Liesegang, Düsseldorf. (Z. B. in Nr. 49 bis 51, 58, 59 64 bis 76.)
Dr. O. Zoth, Die Projektionseinrichtung und besondere Versuchsanordnungen. Hartlebens Verlag, Wien.
Carl. Freyer, Das Skioptikon in der Schule. Verlag des Apollo, Dresden 1900.
Dr. W. Thörner, Die Verwendung der Projektionskunst im Anschauungsunterricht. Verlag von Ed. Liesegang, Düsseldorf.
Dr. Hassack und Dr. Rosenberg, Die Projektionsapparate. Wien 1907.

Bei dem Kriegsspielapparat von Liesegang handelt es sich um Projektion von Landkarten, welche an Stelle der gezeichneten großen Karten als Spielplan dienen.

Mikroskopische Projektion.

Keine Art der Projektion führt so oft zu so bitteren Enttäuschungen, wie diejenige mikroskopischer Präparate. Verhältnismäßig einfach war die Sache vor 100 Jahren, wo man durch die Fensterladen eines verdunkelten Zimmers ein Loch bohrte, in Nähe desselben ein Mikroskop aufstellte, mit Hilfe eines Spiegels ein Bündel Sonnenstrahlen auf das Präparat schickte und ein helles, großes Bild des Präparates auf dem weißen Schirm entwarf[1]). Aber die Zeiten sind andere geworden: die schwachen Objektive, mit denen man damals arbeitete, genügen nicht mehr, und wenn die Sonne scheint, haben die Menschen keine Zeit, einen Projektionsvortrag anzuhören.

Man wird einwenden, daß wir im elektrischen Bogenlichte den schönsten Ersatz für Sonnenlicht haben. Hier liegt jedoch ein schwer auszurottender Irrtum vor, der auf Unterschätzung des Sonnenlichtes und Überschätzung des elektrischen Bogenlichtes beruht. Letzteres ist selbst bei stärksten Bogenlampen nicht den zehnten Teil so hell, wie Sonnenlicht. Da nun die Frage der Projektion mikroskopischer Präparate mit starken Objektiven lediglich Lichtfrage ist, so wird sie in befriedigender Weise erst beantwortet werden, wenn wir eine künstliche Lichtquelle besitzen, die viel intensiver ist, als elektrisches Bogenlicht, ohne gleichzeitig fürchterliche Hitze auszustrahlen.

Bei schwachen Objektiven reicht elektrisches Bogenlicht in mäßig großen Hörsälen stets aus, bei mittelstarken mitunter, bei starken (Immersionen) niemals.

Die Vorstellung ist weit verbreitet, daß in Bezug auf Beleuchtung bei mikrophotographischen Aufnahmen und bei der Projektion (beides ist genau dasselbe; bei der Projektion wird nur die lineare Vergrößerung weiter getrieben, als bei der mikrophotographischen Aufnahme) ganz besondere, geheimnisvolle Verhältnisse obwalten, deren Kenntnis nur denen beschieden ist, die brauchbare mikrophotographische Aufnahmen zu stande brachten. Diese Auffassung ist völlig irrig. Für die Aufnahme und Projektion wird ebenso beleuchtet, wie für Okularbeobachtung. Die Unterschiede liegen nur darin, daß man bei der Okularbeobachtung auch etwas erkennen kann, wenn man falsch beleuchtet, während die mikrophotographische Platte und der weiße Vorhang gegen falsche Beleuchtung äußerst empfindlich sind.

Leider ist immer noch den wenigsten Mikroskopikern bekannt, daß man die Beleuchtung nur durch Hineinblicken in den Tubus nach Herausnahme

1) Davy fertigte in dieser Weise im Anfang des vorigen Jahrhunderts bereits mikrophotographische Aufnahmen; siehe Neuhauß, Lehrbuch der Mikrophotographie. Verlag von Hirzel in Leipzig. 1907, III. Aufl., S. 1.

des Okulares kontrollieren kann. Es würde zu weit führen, darauf einzugehen, wie man hierbei im einzelnen Falle verfahren muß; in des Verfassers „Lehrbuch der Mikrophotographie" sind diese Dinge eingehend erörtert. Da man bei der Projektion mit sehr grellem Licht arbeitet, durch welches das in den Tubus blickende Auge vollständig geblendet wird, so hat man während des Hineinblickens das Licht durch Rauchgläser abzuschwächen.

Wichtig für beste Ausnutzung des Lichtes ist gute Zentrierung aller optischen Teile. Bei den von unseren ersten Firmen gelieferten Apparaten ist beste Zentrierung gewährleistet. Stellt man den Apparat selbst zusammen, so ist bei der Zentrierung dasselbe Verfahren einzuschlagen, wie bei der mikrophotographischen Aufnahme (Neuhauß, Lehrbuch der Mikrophotographie, III. Aufl., S. 129).

Damit der Vortragende, neben dem weißen Schirm stehend, die feine Einstellung des Präparates selbst bewirken kann, konstruierte Prof. Moll[1])

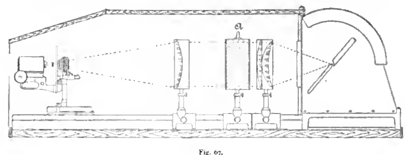


Fig. 67.

(Groningen) eine Schnurlaufübertragung, welche gestattet, den Abstand des Okulares vom Objektiv zu ändern. Er war gezwungen, zu diesem ungewöhnlichen Hilfsmittel zu greifen, weil das von einer englischen Firma gelieferte Mikroskop eine für Feineinstellung ganz unbrauchbare Mikrometerschraube besaß. Bei der tadellosen Beschaffenheit der an deutschen Mikroskopen befindlichen Mikrometerschrauben wird man, falls man den Wunsch haben sollte, vom weißen Schirm aus die Feineinstellung zu regulieren, zum Hookeschen Schlüssel greifen, der an den Kopf der Mikrometerschraube angesetzt wird.

Fig. 67 veranschaulicht die Anordnung bei Projektion mit einem mittelstarken Trockensystem: Bei umgelegtem Mikroskopstativ fällt der vom Kondensor kommende Strahlenkegel auf die Unterseite des Abbeschen Beleuchtungsapparates. Von größter Wichtigkeit ist Einschaltung der Absorptionsküvette *A*. Wenn von einem ausgezeichneten Forscher behauptet wurde, daß die Absorptionsküvette nutzlos ist und Einschaltung einer Glimmerplatte zum Abfangen der Wärmestrahlen ausreiche, so ist uns auf Grund langjähriger

1) Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie 1901, Bd. 18, S. 129.

Erfahrungen diese Behauptung unverständlich. Geschützt vor Hitze muß nicht nur das Präparat, sondern vor allen Dingen das teure Objektiv werden, dessen Linsen mit Kanadabalsam zusammengekittet sind. Die Präparate verbleiben der Regel nach nicht lange auf dem Objekttisch, sondern werden im Verlaufe der Projektion häufig ausgewechselt. Bei sehr alten Präparaten, wo der einbettende Balsam bereits steinhart geworden ist, kann es sich ereignen, daß dasselbe die Hitze ungewöhnlich lange verträgt. Wir erlebten es jedoch unzähligemal, daß das Präparat sofort zu kochen begann, sobald man es ohne Einschaltung einer Absorptionsküvette auf den Objekttisch brachte. Noch viel ungünstiger liegen die Verhältnisse bei den Objektiven, welche der Regel nach lange Zeit im heißesten Abschnitte des Strahlenkegels verbleiben. Man darf nicht vergessen, daß bei der mikroskopischen Projektion die Konzentration der Strahlen auf einen viel kleineren Raum stattfindet, als bei der makroskopischen. Während bei letzterer die Füllung der Absorptionsküvette mit abgekochtem Wasser genügt (siehe S. 23), muß man bei mikroskopischer Projektion zu Flüssigkeiten seine Zuflucht nehmen, die ein möglichst hohes Absorptionsvermögen für Wärmestrahlen haben. Die immer noch empfohlene Alaunlösung ist hierfür gänzlich ungeeignet. Dagegen verschlucken alle gelb gefärbten Flüssigkeiten die Wärmestrahlen in hohem Grade. Das Beste leistet eine angesäuerte, fünfprozentige Eisenchlorürlösung; sie schützt gleichzeitig gefärbte Präparate vor dem Ausbleichen.

Bei mikroskopischer Projektion muß die Flüssigkeitsschicht mindestens eine Dicke von 10 cm haben; häufig ist man gezwungen, dieselbe wenigstens doppelt so dick zu nehmen. Direkte Kühlung des Präparates durch den Zothschen Kühler wird überflüssig bei Benutzung einer hinreichend dicken Schicht der Eisenchlorürlösung. Der Zothsche Kühler allein ohne Absorptionsküvette reicht unter Umständen aus, um das Präparat kühl zu halten; derselbe schützt jedoch nicht das Objektiv in genügender Weise, weil die in demselben zirkulierende Flüssigkeitsschicht zu schmal ist.

Einen zweckmäßigen Präparatkühler wendet die Firma E. Leitz an: derselbe besteht aus einer Wasserflasche mit planparallelen Wänden, die unter dem Objekttisch befestigt wird, aber mit ihrer in der Mitte verdickten Vorderseite durch die Öffnung des Objekttisches hindurchragt, so daß das Präparat direkt auf der Flasche aufliegt. Auch durch diese Flasche wird die große Absorptionsküvette nicht überflüssig; sie kann nur schmaler gewählt werden.

Um die Lichtquelle möglichst gut auszunutzen, konstruierte die Firma Carl Zeiß (Jena) ein besonderes Sammellinsensystem für Mikroprojektion [1]), bei dem die unvermeidlichen Lichtverluste innerhalb des Systemes gerade bei den stärksten Vergrößerungen auf weniger als die Hälfte des Betrages, den andere Sammellinsensysteme herbeiführen, vermindert sind. Dies bedeutet eine Steigerung der Lichtstärke auf nahezu das Doppelte.

Handelt es sich um Projektion mit Hilfe von ganz schwachen Objektiven (etwa 20 bis 100 mm Brennweite), so wird der Abbesche Beleuchtungsapparat

1) Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie 1902, Bd. 19, S. 417.

abgenommen und an seine Stelle eine einfache Sammellinse gebracht. Bei ganz schwachen Objektiven wird stets ohne Projektionsokular projiziert. Wir raten jedoch, auch bei den stärkeren Objektiven das Okular fortzulassen, weil einerseits durch die stärkere Linearvergrößerung, anderseits durch die unvermeidlichen Lichtverluste im Okular (Absorption und Reflexion) das projizierte Bild an Helligkeit einbüßt. Außerdem engen die Okulare das Gesichtsfeld ein. Völlig bedeutungslos ist, daß man mit dem Okular größere Schärfe erzielt, denn bei dem erheblichen Abstande des weißen Schirmes bleiben die Unterschiede in der Bildschärfe für den Zuschauer meist unterhalb der Grenze der Wahrnehmung.

Von größter Wichtigkeit für die Klarheit des Bildes ist, daß der Mikroskoptubus die nötige Weite hat, damit Reflexe an den Tubuswänden vermieden werden. Allen Anforderungen nach dieser Richtung hin genügen z. B. die Tuben des großen mikrophotographischen Statives von Zeiß (Fig. 67). Sind Reflexe vorhanden, so lassen sich dieselben durch Blenden im Tubus schwer beseitigen; am zweckmäßigsten ist es dann, man wendet die Sehfeldblende[1] an, durch welche sich ohne Lichtverluste das Gesichtsfeld derart einengen läßt, daß Reflexe an den Tubuswänden nicht mehr entstehen. Bei Benutzung ganz schwacher Objektive ist zur Einengung des Gesichtsfeldes eine genügend kleine Blende unmittelbar unter dem Präparat anzubringen.

Von ganz schwachen Objektiven sind für die mikroskopische Projektion vorzüglich geeignet die Mikroplanare von Zeiß, weil sie große Lichtstärke mit Ebenheit des Bildfeldes verbinden. Treffliches leisten auch die Objektive von E. Leitz (Mikrosummare) und R. Winkel (Mikroluminare). Für stärkere Objektivvergrößerungen wähle man nicht die kostbaren Apochromate, weil sie durch die Projektion unnötig gefährdet werden und die durch sie gebotenen Vorteile (Aufhebung des sekundären Spektrums; Freiheit von Fokusdifferenz) auf dem weißen Schirm nicht zur Geltung kommen. Für die Projektion reichen die gewöhnlichen Mikroskopobjektive aus.

Um die vorhandene Lichtmenge nach Möglichkeit auszunutzen, nehme man für den weißen Schirm nur gut reflektierendes Material. Näheres hierüber in dem Abschnitt über den weißen Schirm.

Fig. 68 veranschaulicht die Anordnung des Apparates, wenn es sich um Projektion von Präparaten handelt, die in wagerechter Lage verbleiben müssen. Das Mikroskop steht aufrecht auf kleinem, in der Höhe verstellbarem Untersatz. Die vom Kondensor kommenden Strahlen werden mittels des Spiegels *B* durch den Abbeschen Beleuchtungsapparat nach dem Präparat geleitet. Der Spiegel *r* reflektiert die aus dem Okular austretenden Strahlen (man wird auch hier lieber ohne Okular projizieren) nach dem weißen Schirm.

Fig. 69 (Ansicht von oben) gibt die Anordnung bei Projektion undurchsichtiger Gegenstände (z. B. Metallschliffe): Um die Bahn für die Strahlen frei zu machen, ist das Mikroskop auf dem verschiebbaren Grundbrette *G* beiseite geschoben. Durch den Spiegel *Sp* werden nun die vom Kondensor

1) Neuhauß, Lehrbuch der Mikrophotographie, III. Aufl., S. 134.

kommenden Strahlen nach einer kleinen Öffnung im Tubus oberhalb des Objektives geleitet und daselbst durch ein Prisma[1]) so gebrochen, daß sie auf das Präparat gelangen. Von dort reflektiert passieren sie abermals das Objektiv und laufen nun vor dem Prisma vorbei auf den weißen Schirm.

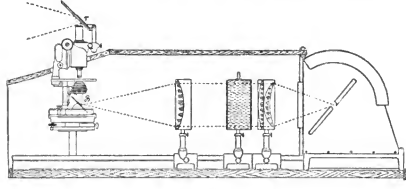


Fig. 68.

Benutzt man ganz schwache Objektive mit großem Arbeitsabstande, so kann man durch Drehung des Spiegels *Sp* die Strahlen auch direkt auf die Oberfläche des undurchsichtigen Objektes leiten. Die bei diesem Verfahren

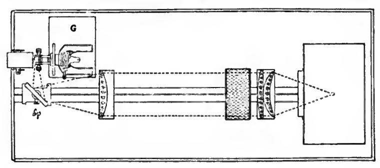


Fig. 69

besonders großen Lichtverluste nötigen zur Einschränkung der Größe des projizierten Bildes.

Viel Freude wird man bei direkter Projektion mikroskopischer Präparate niemals erleben. Abgesehen von der nicht ausreichenden Helligkeit macht das viel Zeit beanspruchende Aufsuchen der richtigen Stelle des Präparates

1) Neuhauß, Lehrbuch der Mikrophotographie, III. Aufl., S. 145.

— besonders bei starken Objektiven — auf die Zuschauer einen beklemmenden Eindruck. Um das Aufsuchen der zu projizierenden Stelle nach Möglichkeit zu erleichtern, muß der Objekttisch mit einem „Sucher“ ausgestattet sein.

Verhältnismäßig einfach bleibt die Sache, so lange man mit demselben Objektiv projiziert. Wird es jedoch notwendig, die Objektive und damit auch die Beleuchtungsapparate auszuwechseln, Reflexe zu beseitigen u. s. w., so verlieren die Zuschauer bald die Geduld, mit zunehmender Unruhe im Saale verliert auch der Projizierende die Ruhe, und die Sache geht in die Brüche.

Wenn irgend möglich, fertige man daher eine mikrophotographische Aufnahme, stelle nach derselben ein Diapositiv her und projiziere dasselbe mit Hilfe eines gewöhnlichen Bildwerfers.

Zweckmäßig ist es, wenn jeder Apparat für mikroskopische Projektion so eingerichtet wird, daß man ihn leicht in einen solchen für makroskopische

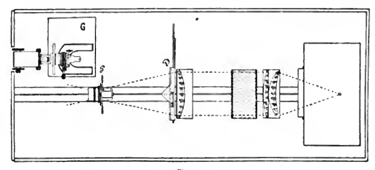


Fig. 70.

Projektion umwandeln kann: das Grundbrett *G* (Fig. 70, Ansicht nach oben), auf welchem das Mikroskop befestigt ist, wird zur Seite geschoben und der Diapositivträger *D* nebst dem Träger *P* für das Projektionsobjektiv auf die optische Bank gesetzt. Mit dieser Vorrichtung kann man ohne nennenswerte Unterbrechung Diapositive und mikroskopische Präparate vorführen.

Da das lichtstarke Sammellinsensystem für Mikroprojektion (S. 123) wegen des kleinen Durchmessers der Linsen nicht zur Projektion von größeren Diapositiven benutzbar ist, konstruierte Zeiß einen Doppelbildwerfer mit zwei parallelen optischen Bänken. Die eine optische Bank ist mit oben genanntem Sammellinsensystem für Mikroprojektion ausgerüstet, die andere mit einem Kondensor für Diapositive. Dabei wird nur eine Projektionslampe gewöhnlicher Art benutzt. Der Apparat ermöglicht einen schnellen und bequemen Übergang von der Projektion mikroskopischer Präparate zu derjenigen von Diapositiven.

Auch für das Epidiaskop (S. 103) konstruierte Zeiß eine Einrichtung für Mikroprojektion, welche jedoch nur für schwache und mittlere Vergrößerungen verwendbar ist. Man hat hier die Möglichkeit, Präparate bis zu 8 cm Durchmesser zu projizieren. Die Objekte liegen hierbei wage-

recht und die Strahlen werden durch einen Spiegel auf die weiße Wand geleitet.

In den Fig. 67 bis 70 ist schematisch die Anordnung dargestellt, welche Carl Zeiß (Jena) seinen Apparaten gibt. Fig. 71 veranschaulicht den

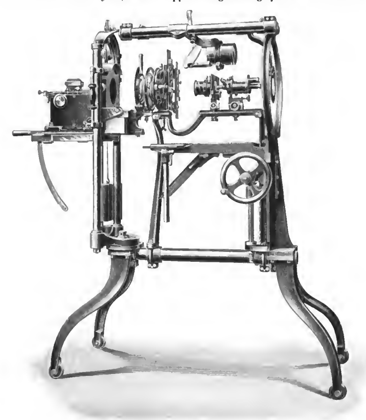


Fig. 71.

Universal-Bildwerfer von Leitz (Wetzlar), welcher als Epidiaskop, als Bildwerfer für Diapositive und für Mikroprojektion verwendbar ist. Wenige Handgriffe ermöglichen den Übergang von einer Projektionsmethode auf die andere.

Apparate für die Reise.

Wenn wir den Apparaten für die Reise einen besonderen Abschnitt widmen, so geschieht dies nicht, weil es sich hier um eigenartige Konstruktionen handelt. Je nach den Absichten des reisenden Projektionskünstlers werden die mitzuführenden Bildwerfer verschieden gestaltet sein; immer aber wird möglichste Raumbeschränkung ein Haupterfordernis bleiben. Gerade in letzterer Beziehung hält es außerordentlich schwer, den deutschen Fabrikanten Logik beizubringen; in Bezug auf Ausnutzung des vorhandenen Raumes können dieselben noch viel hinzulernen. Wir sahen Reise-Ausrüstungen, die einen unscheinbaren Apparat enthielten, aber in einem Kasten untergebracht waren, dessen Transport die Arme von zwei kräftigen Männern erfordert. Wer Projektionsreisen unternimmt, wird es stets als Annehmlichkeit empfinden, den Bildwerfer auf der Bahn mit in den Wagenabteil nehmen zu können. Man ist dann sicher, daß das notwendigste Stück der Ausrüstung zugleich mit dem Reisenden am Reiseziel ankommt und nicht unterwegs in einen falschen Gepäckwagen gerät. Auch muß die Schutzhülle des Apparates kräftiger und daher schwerer gebaut sein, wenn man denselben dem Gepäckwagen anvertrauen will.

Gänzlich verfehlt wäre es, mit Rücksicht auf Raumbeschränkung einen ungenügend kleinen Bildwerfer zu wählen. Apparate mit Kondensoren von 16 cm Durchmesser und ausreichend großem Gehäuse lassen sich ohne weiteres in einer Umhüllung unterbringen, die als Handkoffer in jedem Wagenabteil mitgeführt werden kann. Unerläßlich notwendig ist dann allerdings, daß die Verbindung zwischen Kondensor und Objektiv nicht aus starrem Rohr, sondern aus einem zusammenlegbaren Lederbalgen besteht (siehe Fig. 6, S. 7). Im Innern des Gehäuses wird außer der Lampe, die am Boden festschraubbar sein muß, noch kleines, leichtes Gerät, mitunter auch das Objektiv, Platz finden.

Der Gedanke ist naheliegend, für die Reise Apparate zu bauen, welche sich wie die Klappkameras auf einen verhältnismäßig engen Raum zusammenlegen lassen. Dr. F. Stödtner (Berlin) führte diese Idee aus. Gleichwohl ist die Sache verfehlt, denn tatsächlich tritt hierdurch Raumersparnis nicht ein, weil das Gehäuse zum Unterbringen der Lampe und anderer notwendiger Gegenstände ausgenutzt werden kann — Dinge, die unter allen Umständen mitzuführen sind.

Hohe Schornsteine, die sich nicht zusammenlegen lassen, sind zu vermeiden. Übrigens haben dieselben nur bei Petroleumlicht Wert. Mit dieser Lichtquelle wird sich aber kein Mensch auf Projektionsreisen begeben. Wer öffentlich seine Kunst zeigen will, bleibt auf Kalklicht oder elektrisches Bogenlicht angewiesen. Hier genügen ganz kurze Abzugsrohre für die heiße Luft (Fig. 6). Auch diese Rohre müssen sich bei Reise-Apparaten abnehmen und innerhalb des Gehäuses unterbringen lassen, damit der Transportkasten nicht unnötig hoch wird.

Als Umhüllung des Bildwerfers sind Holzkästen wegen des Gewichtes zu vermeiden. Am leichtesten ist ein aus einem Stück gearbeiteter Koffer

aus dickem Leder, in welchen man den zusammengelegten Apparat mit Hilfe eines denselben umschlingenden Riemens von oben hineingleiten läßt. Derartige Koffer sind jedoch nicht billig (20 bis 30 Mk.). Wir bevorzugen daher einen Kasten aus Weißblech, der überdies den Vorzug besitzt, daß er den Apparat besser schützt und gelegentlich bei der Projektion als Untersatz benutzt werden kann. Dieser Blechkasten muß so gearbeitet sein, daß der Apparat eben hineinpaßt, ohne zu schlottern. Nur dann ist durch gegenseitiges Anschließen der Wände ausreichende Stoßfestigkeit gesichert. Der Deckel des Kastens muß abnehmbar sein, weil die Scharniere eines Klappdeckels nicht auf die Dauer halten. Der mit einem Riemen umschlungene Bildwerfer wird von oben in den Kasten hineingesenkt. Letzterer ist dann durch einen haltbaren, gleichzeitig zum Tragen dienenden Riemen zu verschließen, welcher an den Schmalseiten des Kastens durch zwei Ösen läuft. Die Diapositive und sonst zur Projektion notwendigen kleinen Gegenstände, ebenso wie die Schieberahmen, für die wegen ihrer Länge im Apparatkasten der Regel nach kein Platz ist, werden in einer besonderen Tasche untergebracht. Nutenkästen empfehlen wir für die Reise nicht, da sie zu viel Raum einnehmen. Am besten sind während der Reise die Diapositive in Schachteln aufgehoben, in denen man die Platten kauft. Es empfiehlt sich, diese Schachteln vom Buchbinder mit Papier auskleben zu lassen, da sich von der rohen Pappe kleine Teilchen loslösen, die sich am Glase festsetzen und im projizierten Bilde als schwarze Flecke erscheinen.

Einen weißen Vorhang auf die Reise mitzunehmen, ist wenig empfehlenswert, da derselbe mit dem zusammenlegbaren Gestell (Fig. 47, S. 82) erhebliches Gewicht hat und viel Raum einnimmt. Ein weißer Vorhang läßt sich schließlich an Ort und Stelle durch zusammengenähte Leinwand (unter Umständen mit aufgeklebtem weißen Papier) herstellen. Übrigens findet man in den meisten Städten einen brauchbaren weißen Schirm vor, auch wenn sonst weiter nichts vorhanden ist, was sich auf Projektion bezieht.

Will man mit Kalklicht projizieren, so sind die kleinen, 250 Liter Sauerstoff fassenden Bomben empfehlenswert, die in jeder Reisehandtasche unterzubringen sind und genügend Sauerstoff für drei- bis vierstündige Projektion enthalten.

III. Teil.

Allgemeine Regeln.

Bei Aufstellung des Bildwerfers wird darin viel gesündigt, daß man für eine erhebliche Anzahl der besten Mittelplätze des Saales durch den Apparat die Aussicht nach dem weißen Schirm hin verdeckt. Daß man diesem Übelstande durch Benutzung von Projektionsobjektiven mit langer Brennweite abhelfen kann, bemerkten wir bereits.

Das Verdecken der Aussicht hat der Regel nach seinen Hauptgrund darin, daß man von der falschen Voraussetzung ausgeht, das Projektionsobjektiv müsse sich in gleicher Höhe befinden, wie die Mitte des weißen Schirmes. Daher werden hohe, wackelige Gestelle aufgetürmt, dessen Spitze der Projizierende mit dem Bildwerfer erklimmt. Selbst bei geringfügigen Bewegungen schwankt dann das Bild auf dem weißen Schirm hin und her.

Man kann den Apparat im Saale auf einem mäßig hohen Tisch anbringen und ihn vorn so stark in die Höhe richten, daß das Bild mitten auf den Vorhang fällt.

Wenn eine solche vorhanden, stellt man den Bildwerfer am besten auf einer Galerie auf, und zwar auf der Schmalseite des Saales. An der gegenüberliegenden Schmalseite findet der weiße Vorhang seinen Platz[1]). Bei dieser Anordnung sehen die Zuschauer am besten. Bringt man den Vorhang dagegen an der Längsseite des Saales an, so ist eine erhebliche Anzahl der seitlich gelegenen Plätze stets völlig unbrauchbar.

Um die geringfügigen Übelstände, welche sich durch Schrägstellen des Bildwerfers ergeben, zu beseitigen, ersann man Vorrichtungen, welche bewirken, daß bei Schrägstellung des Apparates der Bildhalter in senkrechter Lage verbleibt. Notwendig ist dieses Hilfsmittel nicht. Es genügt, den

1) Wer es für unmöglich hält, daß sich bei dieser Aufstellung günstige Resultate erzielen lassen, möge sich in der Königl. Kriegsakademie zu Berlin vom Gegenteil überzeugen. Der Bildwerfer, welcher Eigentum der „Deutschen Gesellschaft von Freunden der Photographie" ist, steht an der Schmalseite des großen, langgestreckten, sehr hohen Saales auf einer Galerie unmittelbar unter der Decke, muß also sein Licht schräg nach unten senden. Eine ganz leichte Neigung des Vorhanges hebt die hierdurch entstehenden Übelstände auf. Für die drei verschiedenen Bildformate (8×8 cm; $8^1/_2 \times 10$ cm; 9×12 cm) kommen drei auswechselbare Objektive (von Rodenstock, München) zur Verwendung mit 55, 60 und 65 cm Brennweite.

Vorhang leicht zu neigen. Man darf nie vergessen, daß die Verhältnisse im Projektionssaale anders liegen, als bei einer photographischen Aufnahme. Während bei letzterer, zumal wenn es sich um Architekturaufnahmen handelt, schon leichte Schrägstellung der Kamera sich unangenehm bemerkbar macht, wird beim Projektionsbilde geringfügiger Grad der Unschärfe und das nicht völlige Senkrechtstehen der senkrechten Linien fast niemals bemerkt.

Der Vortragende wird in der Regel vor dem weißen Schirm Aufstellung nehmen. Es ist jedoch auch gut durchführbar, neben dem Apparate stehend den Vortrag zu halten und dabei gleichzeitig das Auswechseln der Bilder zu besorgen. Wer es liebt, aus dem Stegreif zu sprechen, wird diese Art der Vorführung bevorzugen, weil man sich dann, während ein Bild gezeigt wird, über das nächstfolgende unterrichten kann. Allerdings erfordert diese Methode einige Umsicht und Übung; doch wirkt ein solcher Vortrag viel lebendiger, als wenn man neben dem Vorhange stehend die Rede abliest oder bei freiem Vortrage immer erst das Erscheinen des nächsten Bildes abwarten muß, bevor man die Worte findet. Und nun die leidigen Irrtümer in der Reihenfolge der Bilder! Besorgt man das Einstecken in den Rahmen selbst, so bemerkt man Fehler in der Reihenfolge beizeiten und nicht erst, wenn man mit verblüfftem Gesicht vor dem falschen Bilde steht.

Daß Irrtümer in der Reihenfolge und im richtigen Einstecken der Bilder fast bei keiner Projektion ausbleiben, hat seinen Grund einerseits in dem ungleichmäßigen Bezeichnen der Diapositive, über welches wir in dem Abschnitt über das Glasbild sprachen, anderseits in dem Eifer der lieben Freunde des Vortragenden, welche vor Beginn der Vorstellung schnell noch einige von den Glasbildern besichtigen und ihr Urteil darüber abgeben wollen. Einem Vertauschen der Reihenfolge kann man dadurch vorbeugen, daß man, sobald die Diapositive bereit gestellt sind, über die Oberkanten derselben einen schrägen, weißen Strich zieht. Man merkt dann sofort, wenn nachträgliches Vertauschen stattfand.

Leider sprechen die wenigsten Vortragenden frei. Handelt es sich um Vorführung einer Bilderreihe, die man nicht selbst aufgenommen hat, so bleiben ausführliche schriftliche Notizen unerläßlich. Anders jedoch, wenn eigene Aufnahmen vorgeführt werden, mit deren Herstellung man sich wochenlang abquälte und die man daher zur Genüge kennt. Und dennoch trauen sich die Wenigsten zu, über dieselben ein freies Wort zu reden!

Durch Herunterbeugen des Kopfes beim Ablesen des Vortrages wird, zumal in großen Sälen, die Verständlichkeit ungemein beeinträchtigt. Während ein frei und frisch herausgesprochenes Wort bis in die entlegensten Winkel des Saales verständlich bleibt, wird der Vortragende, welcher abliest, schon auf den vorderen Reihen nicht mehr verstanden. Bedient der Vortragende den mitten im Saale stehenden Apparat selbst, so kann es sich ereignen, daß, wenn die Stimme nach dem Vorhang hin gerichtet ist, die hinter dem Apparat Sitzenden wenig hören. In diesem Falle tut man gut, nach oben hin zu sprechen. Die Schallwellen verteilen sich dann im Saale gleichmäßiger.

Eine häufig beobachtete Ungeschicklichkeit des vor dem Vorhang stehenden Vortragenden ist, beim Demonstrieren bestimmter, auf dem Bilde dargestellter Gegenstände den Zuschauern den Rücken zuzukehren und nach dem Vorhang hin zu sprechen. Dann ist die Akustik ganz schlecht.

Beim Ablesen des Vortrages stört fernerhin die Leselampe, welche ihr mattes Licht teils auf das Manuskript, teils auf den weißen Vorhang wirft.

Die schönsten Bilder machen keinen Eindruck, wenn der Vortrag kläglich ist. Jedoch ist keineswegs eine wohlgesetzte, abgelesene oder auswendig gelernte Rede nötig. Im Gegenteil. Eine solche kann in hohem Grade einschläfernd wirken, während das lebendige, freie Wort anregt. Durch freie Rede kann man bei mangelhaften Bildern die Vorführung zu einer Glanzleistung machen. Wer mit treffendem Witz gelegentlich erheiternde Bemerkungen einfließen läßt, wird stets ein dankbares Publikum finden, während abgelesene Witze abstoßen.

Verbleiht der Apparat nicht dauernd an seinem Platze, so ist der Stativschrank empfehlenswert, den die Firma Liesegang (Düsseldorf) in den Handel bringt (Preis 60 Mk.). Ungefähr 1,5 m hoch ist das Oberbrett des Schrankes neigbar eingerichtet, damit der oben aufgestellte Apparat sein Licht schräg nach oben senden kann. Die aufgeklappte Tür dient als Lesepult für den Vortragenden. Über dem Pult ist eine kleine Lampe angebracht. Nach beendigter Vorstellung wird alles innerhalb des Schrankes verpackt und derselbe mittels der Rollen, auf denen er ruht, in die Ecke geschoben. So bleibt der Apparat aufs beste gegen Staub und neugierige Hände geschützt.

Bedient der Vortragende den Bildwerfer nicht selbst, so muß er für jeden Bildwechsel ein Zeichen nach dem Apparate hin geben. Das hierfür beliebte Aufstampfen mit dem Fuße oder Aufschlagen mit dem Stock gibt zwar ein genügend lautes Zeichen, um im ganzen Saale gehört zu werden, macht aber auf die Zuhörer einen nichts weniger als angenehmen Eindruck. Verwerflich sind überhaupt alle Zeichen, von denen der Zuschauer etwas wahrnimmt. Man muß den Eindruck haben, als ob Apparat und Vortragender in unsichtbarem Zusammenhang stehen. Das beste Signal bleibt daher ein neben dem Bildwerfer befindlicher elektrischer Anschlag, aber nicht auf eine Klingel, sondern auf ein Stück Holz; bei Druck auf den Knopf darf nur einmaliger Anschlag erfolgen, nicht etwa ein länger andauerndes, schnarrendes Geräusch. Das einmalige Klopfen genügt für denjenigen vollständig, welcher den Apparat bedient, ohne gleichzeitig von den Zuschauern gehört zu werden.

Weniger empfehlenswert sind optische Signale, wie das Aufleuchten einer kleinen roten Scheibe an der Leselampe. Der den Apparat Bedienende hat wohl seine Ohren, aber nicht seine Augen frei; er muß seine ganze Aufmerksamkeit auf die Bilder lenken und wird das Aufleuchten der roten Scheibe meist übersehen oder erst bemerken, wenn die Zuschauer ihn darauf aufmerksam machen. Nicht ganz so ungünstig ist ein unmittelbar neben dem

Bildwerfer angebrachtes elektrisches Lichtsignal, welches durch Druckknopf vom Vortragenden ausgelöst wird.

Über den Wechselmechanismus Velotrop (Fig. 30), welcher es dem fern vom Apparat stehenden Vortragenden gestattet, durch einen Druck auf die Gummibirne das Auswechseln der Bilder zu besorgen, sprachen wir auf Seite 32.

Auch den in Fig. 35 auf Seite 36 abgebildeten Wechselmechanismus richtete Liesegang so ein, daß der Vortragende von seinem Platze aus durch Druck auf einen elektrischen Knopf die Auswechselung der Bilder besorgen kann.

Mindestens ebenso wichtig wie gute Zeichengehung nach dem Apparat hin ist eine solche für die Beleuchtungsvorrichtung des Saales. Wer es erlebte, daß bei mehrmaligen Unterbrechungen des Projektionsvortrages immer erst durch den Saal gebrüllt werden mußte: „Hell", „dunkel" (ein Ruf, in den dann ein Teil des Publikums mit einstimmte), wird eine lautlose Verständigung nach dem Gashaupthahn oder nach den Ausschaltern der elektrischen Saalbeleuchtung als recht wünschenswert erachten. Bleibt der Apparat dauernd an seinem Platze und handelt es sich um elektrische Beleuchtung des Saales, so sollte unter allen Umständen ein Gesamtausschalter neben dem Apparat oder am Platze des Vortragenden angebracht werden.

Sind nur wenige Bilder vorzuführen und projiziert man mit elektrischem Bogenlicht, so braucht man den Saal während der Projektion überhaupt nicht zu verdunkeln. Bei tadellos klaren Diapositiven und günstigster Ausnutzung der Lichtquelle sind die Bilder auf dem weißen Schirm selbst bei hellem Saale vorzüglich erkennbar.

Nicht selten ereignet es sich, daß die prächtigsten Bilder kläglich wirken, sie sind trübe und flau, und es treten merkwürdige Schattierungen auf. Man hört den Ruf: „Schärfer einstellen", aber trotz allen Einstellens wird die Sache nicht besser. So geht es eine ganze Weile, und wenn vielleicht die Hälfte der Bilder projiziert und dem Vortragenden gründlich die Laune verdorben ist, bequemen sich die Diapositive endlich dazu, auf dem weißen Schirm im vollen Glanze zu strahlen. Was ist geschehen? Die Bilder sind beschlagen. Man hat sie bei Frost transportiert und sie dann in verschlossenen Kästen in einem kalten Raum aufbewahrt, damit im Saale nicht unbefugte Hände sich mit ihnen zu schaffen machen. Steckt man die kalten Bilder nun in den angewärmten Apparat, so beschlagen sie sofort und geben zu der beschriebenen Erscheinung Veranlassung. Man sorge daher stets dafür, daß die Bilder bei Beginn der Projektion genügend durchwärmt sind.

Ebenso unangenehm ist das Beschlagen der Kondensoren, wenn der Apparat ohne genügende Vorwärmung in Tätigkeit gesetzt wird. Das Beschlagen der Kondensoren macht sich dadurch bemerkbar, daß bei den projizierten Bildern immer auf derselben Stelle wolkenartige Schatten auftreten; dies kann auch bei gut vorgewärmten Kondensoren geschehen, wenn man die Absorptionsküvette unvorsichtig einsetzt, so daß etwas Flüssigkeit überläuft und dann bei zunehmender Erwärmung verdampft.

Häufig liefern selbst die besten Apparate flaue, nicht genügend helle Bilder. Das hat seinen Grund in mangelnder Sauberkeit der Glaslinsen. Stand der Apparat längere Zeit unbenutzt, so bildet sich auf der Oberfläche der Linsen ein feiner Niederschlag, welcher den gerügten Übelstand herbeiführt. Es ist daher unerläßlich nötig, sämtliche Objektiv- und Kondensorlinsen mindestens einmal im Jahre gründlich zu reinigen. Zu diesem Zwecke müssen Objektiv und Kondensor auseinander genommen werden. Am besten geschieht diese Reinigung im Herbst, vor Beginn der Vorträge.

Welche Zahl von Diapositiven ist für einen gut abgerundeten, den Abend füllenden Projektionsvortrag notwendig? 100 bis 120. Wir sprechen nicht von solchen Vorträgen, wo nur zur Erläuterung des Gesagten einige Bilder vorgeführt werden; hierbei sind stets die jeweiligen Verhältnisse maßgebend. Bleibt jedoch Vorführung der Bilder die Hauptsache, so werden 100 bis 120 Diapositive den Abend reichlich füllen, ohne den Zuschauer zu ermüden. Eine größere Zahl von Bildern (180 bis 200) dürfen nur Vortragende projizieren, welche die Sache vollständig beherrschen und besonders gegen das Ende hin durch zündende Worte der eintretenden Abspannung entgegenwirken. In einem solchen Falle muß man ab und zu eine größere Reihe von Bildern, bei denen tieferes Eindringen in die Einzelheiten nicht nötig ist, sondern die vielmehr durch ihren Gesamteindruck wirken, schnell vorüberziehen lassen. Freilich ist es dann nötig, daß der Vortragende mit demjenigen, welcher den Apparat bedient, gut eingearbeitet ist. Nichts macht einen kläglicheren Eindruck, als wenn derjenige, der die Bilder einsteckt, mit dem Vortragenden nicht gleichen Schritt halten kann und letzterer dann anfängt, ungeduldig zu werden. Störungen im schnellen Einstecken der Bilder sind zumeist auf Rechnung des Verfertigers der Bilder zu setzen: entweder sind die Diapositive zu dick, so daß sie sich im Schieberahmen festklemmen, oder sie sind nicht mit genügender Bezeichnung versehen, so daß verkehrtes Einstecken unausbleiblich ist.

Die Vorschrift, jedes Bild eine bestimmte Zahl von Sekunden (45 bis 60) im Schieberahmen zu belassen, ist wiederholt von Theoretikern gegeben, die sich am grünen Tische alles zurechtlegen, ohne ins praktische Leben hineinzugreifen. Allgemeine Vorschriften dieser Art sind unmöglich, und gleichmäßig langes Verweilen der Bilder auf dem weißen Schirm wirkt ermüdend.

Nicht wenige Redner lassen zuerst einen unendlich langen Vortrag vom Stapel, und wenn die Zuhörer dann gründlich ermattet sind, verkünden sie, daß sie wegen vorgerückter Zeit die mitgebrachten Bilder nur ganz flüchtig vorzeigen können. Wer sich die Gunst des Publikums verscherzen will, wähle diesen Weg. Jeder wartet ungeduldig auf das Erscheinen des ersten Bildes, und dem Vortrage wird keine Aufmerksamkeit geschenkt. Alles, was der Redner vor Beginn der eigentlichen Projektion sagte, hätte er auch sagen können, während die Bilder auf dem weißen Schirm stehen.

Zweckmäßig ist es, nach jedem Auftreten eines neuen Bildes im Vortrag kurz zu pausieren, damit sich die Zuschauer in das Bild hineinsehen können.

Die Projektion wird gegenwärtig der Hauptsache nach von Vereinen, insbesondere von photographischen Amateurvereinen, ausgeübt. Während die Vereinsmitglieder sich häufig darauf beschränken, ihre Bilder im kleinen Kreise vorzuführen, sucht man dann ab und zu auch vor die breite Öffentlichkeit zu treten, um weitere Kreise für den Verein zu interessieren. Es ist eine noch lange nicht genügend gewürdigte Tatsache, daß es kein besseres Mittel für das Emporblühen eines Vereines gibt, als häufige Veranstaltung öffentlicher Projektionen. Die Fülle des Stoffes zur Unterhaltung und Belehrung ist so unendlich groß, daß hierdurch immer wieder die allergrößte Anziehungskraft auf weite Kreise ausgeübt wird. Die entstehenden Ausgaben werden reichlich durch den Zuwachs an Mitgliedern gedeckt, und der Verein kommt unter allen Umständen auf seine Kosten.

Allerdings ist hierbei Vorbedingung, daß dem Publikum etwas Gutes geboten wird. Bei jungen Vereinen, deren Mitglieder erst zur Projektion zu erziehen sind, kommen daher als Vortragende zunächst nur solche in Frage, die auf diesem Gebiete erfahrungsgemäß Gutes leisten. Es währt dann nicht lange, bis im Verein selbst ein brauchbarer Stamm von Vortragenden herangebildet ist, und sobald erst das Rad ins Rollen kam, rollt es unaufhaltsam weiter.

Da besonders in kleineren Städten nicht immer genügendes Bildermaterial zu beschaffen ist, um in jedem Winter eine Reihe von Projektionsabenden veranstalten zu können, wurden wiederholt Versuche unternommen, Verbände zum gegenseitigen Austausch von Diapositiven ins Leben zu rufen. Dergleichen Unternehmungen konnten bisher nicht auf einen grünen Zweig kommen. Hundertmal hörten wir von solchen, die im Besitz wertvoller Diapositive sind, den Ausspruch, daß sie bereit sind, ihre Bilder auch anderweitig zu zeigen, daß sie dieselben jedoch unter keinen Umständen aus der Hand geben, einerseits, weil die Bilder durch den Transport und die Projektion gefährdet werden, anderseits, weil die Wirkung verloren geht, wenn ein anderer den Vortrag abliest.

Einzelne Geschäftsleute nahmen die Verleihung von Projektionsbildern nebst zugehörigen Vorträgen in die Hand. Wo auf anderem Wege Bilder nicht zu beschaffen sind, wird man zu diesem Aushilfemittel greifen. Wir nennen die Firmen A. Krüß (Hamburg), Ed. Liesegang (Düsseldorf), Unger & Hoffmann (Dresden), Dr. F. Krantz (Bonn a. Rh., Mineralogie und Geologie), Dr. F. Stoedtner (Berlin). Bemerkenswert sind die von Liesegang herausgegebenen, zu den Bildern gehörigen, gedruckten Projektionsvorträge aus der Kunstgeschichte, verfaßt von Dr. B. Daun. Durch Vermittlung der Firma Liesegang bringen nachfolgend benannte Kunstverlagsanstalten Projektionsdiapositive nach den in ihrem Verlage erschienenen Originalaufnahmen in den Handel: Braun, Clément & Co. (Dornach), Franz Hanfstängl (München), Friedr. Hoefle (Augsburg), Gustav Schauer (Berlin), Lagrelius & Westphal (Stockholm), Ancienne maison Laurent, J. Lacoste, Succ. (Madrid), Kühlens Kunstverlag (München-Gladbach). Da diese Verlagsanstalten Aufnahmen aus sämtlichen Galerieen Europas

besitzen, so sind auf diese Weise der Förderung des Kunstverständnisses alle Wege geebnet.

Bilder fremder Herkunft ohne erklärende Worte vorzuführen, ist zu widerraten. Die besten und gehaltvollsten Aufnahmen bleiben hierbei ohne Wirkung.

In Frankreich, England und Amerika ist das Verleihen dem Unterricht dienender Projektionsbilder vom Staate und von gemeinnützigen Gesellschaften organisiert. Allein das pädagogische Museum zu Paris verlieh im Jahre 1898 zu 47453 Vorträgen in Schulen und Vereinen die Bilder. Bei uns geschah auf diesem Gebiete bisher noch nichts. Daß der Bildwerfer ein treffliches Hilfsmittel für den Unterricht ist, wird allseitig anerkannt.

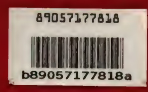
Unternimmt man es, anderwärts zu projizieren, so bleibt die erste Frage: „Ist der vorhandene Bildwerfer ausreichend?" Man erhält auf briefliche Anfragen die heiligsten Versicherungen, daß alles in bester Ordnung, der Apparat und das zugehörige Publikum schon von verschiedenen großen Männern benutzt sei und der Erfolg über jedem Zweifel stehe. Packt man nun wohlgemut seine 9 × 12-Diapositive in den Koffer, so ist die erste bittere Enttäuschung, daß der Apparat kaum für 8 × 8-Platten ausreicht, während derselbe angeblich stets für Vergrößerungen von 9 × 12-Platten benutzt ist. Statt der versprochenen Sauerstoffbombe erhält man die tröstliche Nachricht, daß der Chemiker X, welcher zugesagt habe, in einem Gasometer Sauerstoff bereit zu halten, erkrankt und sein Vertreter mit Herstellung des Gases nicht genau vertraut ist. Übrigens sei für alle Fälle eine zweidochtige Petroleumlampe vorhanden.

Wer diesen Überraschungen aus dem Wege gehen will, verlasse sich nicht auf Versprechungen, sondern nehme seinen eigenen Apparat mit auf die Reise (vergl. den Abschnitt über Reise-Apparate).

Nicht wenige, die mit 100 Diapositiven im Kasten und einem wohl ausgearbeiteten Vortrag in der Tasche von Stadt zu Stadt ziehen und vor einem dankbaren Publikum reichen Beifall ernten, bilden sich ungeheuer viel auf ihre Leistung ein und werden von solchen angestaunt, die jedes Hervortreten vor die Öffentlichkeit schüchtern vermeiden. Das Projizieren gewöhnlicher Diapositive ist wirklich kein Kunststück, und sobald das anfängliche Lampenfieber überwunden ist, macht sich die Sache von selbst. Die Schwierigkeiten der Projektion beginnen erst, wenn man es unternimmt, den Zuschauern ein wenig mehr als gewöhnliche Glasbilder vorzuführen, z. B. Reihenbilder, stereoskopische Aufnahmen, Aufnahmen nach den verschiedenen Farbenverfahren, mikroskopische Präparate u. s. w. Dann wird man gewahr, daß die Kunst des Projizierens mit unendlicher Mühe und Geduld erlernt sein will.

Namen- und Sachverzeichnis.




89057177818
b89057177818a